



**Universidad
de Medellín**
Ciencia y Libertad

**MODELO DE EVALUACIÓN DEL RIESGO OPERATIVO APLICADO A UN
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA**

JUAN FERNANDO MEJÍA QUINTERO

ASESOR TEMÁTICO

DAVID ALBERTO BEDOYA LONDOÑO
FELIPE ISAZA CUERVO

**UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN
FACULTAD DE INGENIERÍAS
MAESTRÍA EN FINANZAS
MEDELLÍN
2019**

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	6
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	8
2.2. JUSTIFICACIÓN.....	12
2.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	14
2.3.1. Pregunta General	14
2.3.2. Preguntas Específicas	14
2.4. OBJETIVOS.....	14
2.4.1. Objetivo Principal.....	14
2.4.2. Objetivos Específicos.....	15
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	16
3.1. ESTADO DEL ARTE	16
3.2. MARCOS DE REFERENCIA.....	20
3.2.1. Definición y Tipos de Riesgos asociados a un proyecto.....	20
3.2.2. Normatividad en riesgos.....	22
NTC 5254: Gestión de Riesgos.....	27
3.2.3. Valoración de Proyectos de Construcción.....	28
Free Cash Flow (FCF)	29
3.2.4. Simulación Montecarlo.....	30
4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
3.1. MODALIDAD	31
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	31
3.3. TIPO DE FUENTES	32
3.4. UNIDAD DE ANALISIS	32
3.5. MODELO.....	32
5. RESULTADOS.....	35
5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN	35
5.1.1. Prefactibilidad.....	35
5.1.2. Mercadeo y Ventas.....	36
5.1.3. Indirectos de Construcción.....	37
5.1.4. Directos de construcción	40

5.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS OPERATIVOS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN	42
5.2.1. Mapa de riesgos operativos asociados al macroproceso de prefactibilidad.	46
5.2.2. Mapa de riesgos operativos asociados al macroproceso de Mercadeo y Ventas.....	47
5.2.3. Mapa de riesgos operativos asociados al macroproceso de Indirectos de Construcción.....	48
5.2.4. Mapa de riesgos operativos asociados al macroproceso de Directos de Construcción.....	50
5.2.5. Mapa de riesgos operativos total asociados al proceso de construcción de un edificio de vivienda	52
5.3. Metodología para cuantificar los riesgos operativos integrados a las variables de valoración de un proyecto de construcción.....	55
5.4. Modelo para simular la materialización del riesgo operativo de un proyecto de construcción en el flujo de caja	64
5.4.1. Estimación costo de capital de los recursos propios y valoración del proyecto de construcción	64
5.4.2. Afectación del riesgo operativo en el flujo de caja del proyecto de construcción y resultados de la simulación	70
6. CONCLUSIONES	73
7. BIBLIOGRAFÍA	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Subsidios disponibles para los hogares colombianos.....	9
Tabla 2. Procesos de liquidación y restructuración de Empresas Constructoras ...	10
Tabla 3. Descripción del Macroproceso de Prefactibilidad	35
Tabla 4. Descripción del Macroproceso de Mercadeo y ventas	37
Tabla 5. Descripción del Proceso de Directos de Construcción	37
Tabla 6. Descripción del Macroproceso de Directos de Construcción	41
Tabla 7. Formato para la identificación del Riesgo Operativo.....	43
Tabla 8. Escalas de Probabilidad, impacto y criticidad	44
Tabla 9. Formato para la medición del Riesgo Operativo.....	44
Tabla 10. Riesgos en los Procesos de Construcción	53
Tabla 11. Afectación de los riesgos operativos en las variables de Flujo de Caja .	56
Tabla 12. Matriz de Probabilidades	58
Tabla 13. Parámetros definidos para la Distribución LogNormal para cada situación de riesgo operativo	59
Tabla 14. Ejemplo de la construcción de la matriz de Impacto.....	60
Tabla 15. Ejemplo de la construcción del VPN de Riesgo.....	62
Tabla 16. Resultados de la simulación del VPN del riesgo operativo.....	64
Tabla 17. Parámetros para la proyección del costo de los recursos propios	66
Tabla 18. Proyección de los recursos	67
Tabla 19. Construcción del Flujo de Caja.....	68
Tabla 20. Resultados de la simulación del VPN del proyecto afectado por el riesgo operativo.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relaciones entre los principios, el marco de referencia y los procesos para la gestión del riesgo	23
Figura 2. Administración de riesgos corporativos.....	24
Figura 3. NTC – 5254 Marco para el Proceso de Gestión del Riesgo.....	28
Figura 4. Mapa de Riesgo	45
Figura 5. Mapa de Riesgo Prefactibilidad.....	46
Figura 6. Mapa de Riesgo Mercadeo y ventas	47
Figura 7. Mapa de Riesgo Indirectos de Construcción	49
Figura 8. Mapa de Riesgo Indirectos de Construcción.....	51
Figura 9. Mapa de Riesgo Proyecto de Construcción	52
Figura 10. Riesgos Operativos más críticos.....	55
Figura 11. Histograma de la simulación del VPN del riesgo operativo	63
Figura 12. Histograma de la simulación del VPN del proyecto afectado por el riesgo operativo.....	71

1. INTRODUCCIÓN

El sector construcción tiene un papel relevante en el desempeño de la economía dado que aporta de manera importante al PIB de un país, genera fuentes de empleo, permite la inversión, permite el crecimiento de otros sectores, entre otros factores que llevan a que se tenga que analizar de manera detallada como sector económico dinamizador y las inversiones que se realizan en este.

Sin embargo, los proyectos de construcción de vivienda se encuentran expuestos a la materialización de diferentes riesgos operativos como pueden ser fraudes, errores en los diseños, incumplimientos de requisitos legales, errores en la construcción, accidentes de trabajo, entre otros que tendrán unas importantes consecuencias de tipo económico, reputacional, de pérdida de vidas humanas, legales que llevarán afectar el valor que genera este tipo de proyectos, la rentabilidad de los accionistas que invierten sus recursos en este tipo de alternativa, así como los recursos económicos y los sueños de los clientes que compran la ilusión de tener vivienda propia.

Considerando lo anterior, este trabajo de grado tiene como objetivo: Determinar el impacto que tiene el riesgo operativo sobre la valoración de un proyecto de construcción mediante la identificación de las situaciones de riesgo en los procesos que hacen parte del proyecto y la modelación de las pérdidas por riesgo operativo y su afectación en el valor presente de los flujos esperados por el accionista del proyecto.

Este trabajo se divide de la siguiente manera, en la primera parte se encontraran los elementos que permiten plantear el problema de este proyecto, la segunda parte se enfoca en realizar una fundamentación teórica que incluye trabajos previos y definiciones necesarias para alcanzar los objetivos propuestos, posteriormente se presenta la metodología de investigación, en la cuarta parte del trabajo se encuentran los resultados, en donde se describen los macroprocesos del proyecto de construcción, se presentan los mapas de riesgo, se realiza la modelación de los

riesgos operativos más críticos, para terminar con la determinación de la afectación de este tipo de riesgo en el valor presente de los flujos de los accionistas del proyecto, posteriormente se presentan las conclusiones para terminar con la bibliografía del trabajo.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El sector construcción tiene un papel importante en el desempeño de la economía en Colombia debido a que es una fuente importante de generación de empleo, es un vehículo de inversión tanto local como extranjera, tiene la capacidad de jalonar otros sectores productivos del país y dinamiza los tipos de interés, los cuales se convierten en factor para incentivar (o desincentivar) la demanda de adquisición de vivienda, ayuda a disminuir la economía informal, extiende la bancarización a los hogares de bajos ingresos y es una variable que aporta considerablemente al PIB del país. El sector de la construcción en cifras representó el 7,25% de la producción nacional de Colombia, para el último trimestre de 2017, según el DANE [1]. Tuvo una participación en el motor de generación de empleo cercana al 6.2%, en el segundo trimestre de 2017 [2].

Así mismo, en la búsqueda de la estabilidad económica del país y la generación de empleo formal, el Estado ha venido desarrollando diferentes estrategias con el sector de la construcción para incentivar tanto la oferta como la demanda de vivienda. Planes de subsidio a la tasa de interés hipotecaria tales como: Mi Casa Ya, el cual es un programa del Gobierno Nacional que facilita la compra de vivienda nueva [3], PIPE 1.0 y 2.0 (Plan de Impulso a la Productividad y el Empleo en sus versiones 1.0 y 2.0) [4], entre otros programas, hacen uso de los recursos dispuestos por la nación y administrados por el Banco de la República reglamentados en la creación del FRECH (Fondo de Reserva para la Estabilización de la Cartera Hipotecaria) [5]. Esto sumado al alto déficit habitacional del país el cual asciende a 80.000 unidades de vivienda por año según el último estudio del banco BBVA [6] obliga y jalona el crecimiento natural de la oferta que produce la creación de gran cantidad de proyectos de construcción de vivienda en los diferentes niveles socio económicos del país.

Esta política de vivienda continuará siendo una herramienta importante para dinamizar el sector, y la economía en general, ya que para el 2018 habrá 111.132

subsidios disponibles para los hogares colombianos [7]. De esta manera, a partir de la tabla 1 se puede concluir que el gobierno nacional ha dispuesto de 30.000 cupos para el programa de vivienda gratuita, esto hace que personas de bajos recursos viviendo en la informalidad puedan acceder a una vivienda digna, cómoda y en barrios con todos los servicios públicos conectados de manera segura. Igualmente, en la tabla se puede observar que el estado en su interés por fortalecer la adquisición de vivienda para estratos 3 y 4 abre para el 2018, 20.000 cupos nuevos para vivienda no VIS a través del FRECH, esto hace que la economía se fortalezca e los diferentes niveles socio económicos.

Tabla 1. Subsidios disponibles para los hogares colombianos

Programa	2018	2019
Gratuita Fase II	30,000	N.A
MI CASA YA (Cuota Inicial)	27,632	39,254
FRECH VIS	33,500	N.A
FRECH NO VIS	20,000	20,000
TOTAL	113,150	59,254

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Camacol [7]

En el afán de satisfacer la demanda y de aprovechar las oportunidades financieras que deja el negocio de la construcción, las personas naturales y las empresas desarrollan proyectos sin el análisis idóneo de los riesgos operativos que envuelven a la construcción y que al momento de materializarse dichos riesgos afectan financieramente el éxito y el valor del proyecto. Es así como en los últimos 10 años la Superintendencia de Sociedades ha recibido solicitudes y ha iniciado procesos de liquidación y reestructuración de una gran cantidad empresas constructoras como se puede ver en el siguiente resumen, el cual, fue filtrado por empresas constructoras de más de 10 empleados y que hayan sido aceptadas en para sus

respectivas reorganizaciones en los últimos 10 años de la base de datos de la superintendencia de sociedades. [8]

Tabla 2. Procesos de liquidación y reestructuración de Empresas Constructoras

Concepto	Cantidad
Reorganización y Validación	7
Liquidación Obligatoria	5
Liquidación Judicial	8
Concordato	3
Acuerdo de Reestructuración	31
TOTAL	54

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Superintendencia de Industria y Comercio[8]

Estas constructoras se han tenido que acoger a la ley 1116 de 2006 [9] cuyo objetivo principal es: “por el cual se establece el régimen de insolvencia empresarial en la República de Colombia y la cual tiene por finalidad la protección del crédito y la recuperación y conservación de la empresa como unidad de explotación económica y fuente generadora de empleo, a través de los procesos de reorganización y de liquidación judicial, siempre bajo el criterio de agregación de valor. El proceso de reorganización pretende a través de un acuerdo, preservar empresas viables y normalizar sus relaciones comerciales y crediticias, mediante su reestructuración operacional, administrativa, de activos o pasivos. El proceso de liquidación judicial persigue la liquidación pronta y ordenada, buscando el aprovechamiento del patrimonio del deudor. El régimen de insolvencia, además, propicia y protege la buena fe en las relaciones comerciales y patrimoniales”. [9].

El riesgo operativo ha llevado a muchos casos de empresas constructoras reconocidas nacional e internacionalmente a escándalos públicos, entrada en ley 1116 [9], corrupción entre otros casos que hacen que este tipo de riesgos tome un valor importante en la matriz de análisis para la estabilidad del proyecto en el tiempo. Citando algunos casos de medios noticiosos del país se encuentran razones adicionales para evaluar los riesgos asociados a las empresas de construcción:

- La reconocida constructora de infraestructura del país CONALVIAS que debe ingresar a la ley de insolvencia luego de verse envuelta en pasivos insostenibles producto de las malas decisiones de su presidente de hacer inversiones con dineros de anticipos y de mezclar los flujos de efectivo entre los diferentes proyectos, esto sumado al escándalo del carrusel de contratación de Transmilenio lleva al cierre de puertas en el sector bancario y finalmente a la descapitalización de la empresa. [10]
- Las conclusiones finales de la fiscalía en el caso del edificio Space en la ciudad de Medellín muestran como un proyecto en estrato 6 de gran valorización, cumpliendo con los puntos de equilibrio financieros ante la fiducia y los bancos, literalmente se derrumba por mal manejo operacional, donde se pasa por encima las normatividades tanto de diseño como de construcción y al final termina en tragedia y en posible cárcel para los dueños de la constructora. [11]
- Por un deficiente estudio de títulos, tanto del constructor como de la fiducia y el banco lo cual se considera operacional en un proyecto de construcción embargan los predios donde se estaba construyendo el exclusivo Condominio Meritage en la avenida Las Palmas en el oriente de Medellín. Los estudios de títulos deben demostrar la tradición de un lote y éstos evaluados en 50.000 millones de pesos tienen un vicio de narcotráfico, testafellos, secuestro y sobornos. [12].

- La constructora del ingeniero Carlos Collins no pudo hacerles frente a los difíciles problemas financieros que venía afrontando desde hace varios años, razón por la cual fue intervenida por la Superintendencia de Sociedades para su liquidación, de esta manera termina la existencia de una compañía que nació hace 17 años y que estaba desarrollando el importante proyecto del Túnel de la línea en Cajamarca. Después de múltiples atrasos en la ejecución de la obra y malos manejos de los recursos todo de orden operativo la empresa se fue al fondo y le fueron cancelados los contratos con el estado.
- [13]

Finalmente, los proyectos de construcción en general se ven expuestos desde la prefactibilidad, preventas, construcción y post ventas. Como se puede observar el desarrollo de un proyecto de construcción tiene asociado un sin número de riesgos provenientes de variables controlables y no controlables, por lo tanto es necesario realizar un análisis y proponer formas que permitan a las empresas constructoras identificar los riesgos operativos a los cuales están expuestos y analizar cómo la posible materialización de estos riesgos pueden afectar los resultados financieros de este tipo de empresas por lo tanto, esta investigación se centra en el análisis de variables que conlleven a riesgos operativos del proyecto de construcción de vivienda de 20 pisos en estrato 5 en la ciudad de Medellín - Colombia.

2.2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la construcción de vivienda se ha convertido en un negocio de alto riesgo, pero no solamente para los constructores si no para los compradores y para los bancos que financian los proyectos. Por ejemplo, desde la óptica del comprador de vivienda uno de los principales temores es que el constructor malgaste los recursos depositados en el pago de la cuota inicial, que se termine la construcción, que le entreguen en el tiempo convenido, que le entreguen lo que realmente compró y si se traslada la materialización de cada uno de los temores mencionados lo más seguro es que se vean reflejados en el valor del proyecto y en su rentabilidad, es por esto una de las razones por las cuales esta investigación cobra importancia, ya

que en la medida que se tengan analizados y monitoreados los impactos de cada uno de estos riesgos la empresa puede tomar acciones a tiempo que le permitan garantizar el cumplimiento del proyecto y la estabilidad de la empresa en el mediano y largo plazo.

Así mismo, desde la óptica del banco financiador del proyecto, éste debe estar seguro que se esté construyendo lo que se prometió en la orden de promesa de venta y que se esté cumpliendo las normatividades, que los recursos se inviertan en el proyecto y que la fuente de pago se encuentre garantizada, por lo tanto, es de suma importancia para ellos conocer las variaciones que pueda sufrir el flujo de caja de un proyecto en caso que se materialicen un riesgo operativo lo que es parte de los objetivos de esta investigación.

Desde el punto de vista del constructor, debe velar porque financieramente el proyecto no se salga de las manos por temas operativos, por ejemplo, que no pueda pagar a tiempo el crédito de construcción, los intereses diarios afectan directamente el flujo de caja y la rentabilidad del proyecto, es por esto que valorar el impacto de la materialización de dichos riesgos se hace necesaria para el constructor y cobra importancia la investigación.

Finalmente, una herramienta para mitigar estos riesgos es la conformación de una fiducia inmobiliaria y como lo define J. Cuellar en su investigación, es: “una figura comúnmente utilizada en el contexto colombiano para la ejecución de proyectos inmobiliarios, y de bastante utilidad en la práctica mercantil, ya que surgió como una respuesta eficiente para montar un mecanismo dirigido a garantizar la culminación de la obra y la protección jurídica de las diferentes partes involucradas en el contrato”. [14] Para que las compañías fiduciarias se vinculen en el proyecto deben evaluar los riesgos asociados y sus impactos sobre los resultados financieros del mismo, lo que muestra que estas entidades estarían interesadas en el resultado de la investigación para conocer con antelación.

Como se puede ver este trabajo de investigación es de gran importancia y relevancia para el sector de la construcción gracias a que permite satisfacer las necesidades del mercado (Compradores de vivienda), las exigencias de los bancos (Créditos Constructores) y sirve como garantía de gestión del riesgo operativo (Fiducias Inmobiliarias como garantes), ya que se convierte en una herramienta de valoración de proyectos de construcción de vivienda de 20 pisos de estrato 5 en Medellín - Colombia incluyendo la identificación de los riesgos operativos, la cuantificación de las variables de riesgo operativo y la simulación de su materialización con análisis de sensibilidad probabilística, que al final permita conocer de manera anticipada e idónea la pérdida de valor del proyecto tanto al constructor como al inversionista, las entidades financieras y a las fiducias de administración de recursos.

2.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

2.3.1. Pregunta General

¿Qué impacto tiene el riesgo operativo sobre la valoración de un proyecto de construcción?

2.3.2. Preguntas Específicas

- ¿Cuáles son los riesgos operativos que impactan un proyecto de construcción?
- ¿Cómo asociar el impacto de la materialización del riesgo operativo en la valoración de un proyecto de construcción?
- ¿Cómo crear un modelo que permita simular la materialización del riesgo operativo en la construcción?

2.4. OBJETIVOS

2.4.1. Objetivo Principal

Determinar el impacto que tiene el riesgo operativo sobre la valoración de un proyecto de construcción

2.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar los riesgos operativos que impactan un proyecto de construcción
- Proponer una metodología que cuantifique los riesgos operativos y los integre con las variables de un método de valoración aplicado a un proyecto de construcción
- Construir un modelo que permita simular la materialización del riesgo operativo en un proyecto de construcción.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. ESTADO DEL ARTE

La administración del riesgo operativo no es una práctica nueva, pues las empresas siempre han tratado de prevenir el fraude, mantener la integridad de los controles internos y reducir los errores en el procesamiento de las transacciones; sin embargo, el enfoque tradicional del riesgo operativo se circunscribe, al uso de mecanismos de control interno complementados por la función de auditoría. Los requerimientos en materia de regulación también constituyen una motivación importante, como lo expresa Jhonn Cuesta y Jhon Mojica en su trabajo investigativo sobre riesgo operacional para el Banco de Bogotá[15] donde presentan que en Latinoamérica la principal motivación que tienen las entidades financieras para gestionar el riesgo operativo obedece más al control y disminución de las pérdidas derivadas de dicha contingencia, que a requerimientos regulatorios y normativos.

En Colombia los avances más significativos se han dado en el sector financiero, mediante normas establecidas por la Superintendencia Financiera. En el sector público, el departamento de la función pública emitió una guía para la administración del riesgo, debido a la naturaleza de la empresa la administración del riesgo está enfocada directamente a los procesos internos acercándose a la definición de riesgo operacional, En este sector el riesgo al que se enfrentan es el de incumplimiento de los objetivos y la misión de la empresa, por lo cual enfocan su estudio en la identificación y tratamiento de los riesgos en sus procesos. En cuanto al sector real, el riesgo operacional ha sido adelantado por las grandes multinacionales, como Siemens que adopta el modelo de Business Continuity Management – BCM, el cual busca permitir la continuidad del negocio con base en estrategias que permitan la minimización del riesgo operacional; siendo “él riesgo” aquel que puede provocar pérdidas como resultados de errores humanos, procesos internos inadecuados o defectuosos, fallos en los sistemas, o bien por causas externas que afecten la operatividad de un activo, que impida el normal desempeño de un proceso dentro del negocio. [15]

Mediante la circular 048 de 2006 se estableció como consideración general la siguiente: En desarrollo de sus operaciones, las entidades sometidas a la inspección y vigilancia de la Superintendencia Financiera de Colombia (SFC) se exponen al Riesgo Operativo (RO). Por tal razón, dichas entidades deberán desarrollar, establecer, implementar y mantener un Sistema de Administración de Riesgo Operativo (SARO), acorde con su estructura, tamaño, objeto social y actividades de apoyo, que les permita identificar, medir, controlar y monitorear eficazmente este riesgo. Dicho sistema está compuesto por elementos mínimos (políticas, procedimientos, documentación, estructura organizacional, el registro de eventos de riesgo operativo, órganos de control, plataforma tecnológica, divulgación de información y capacitación) mediante los cuales se busca obtener una efectiva administración del riesgo operativo[16].

Para el sector de la construcción en Colombia se evalúan inicialmente los riesgos de tipo financiero para la ejecución de proyectos, es importante mencionar que la funcionalidad de la administración de riesgos no es eliminar completamente el riesgo, ya que no se puede evitar, sin embargo lo que esta busca es la administración eficiente por medio de estrategias, tiempo y dinero para hacer frente a los efectos negativos y disminuir los excedentes en costos y demoras en el desarrollo del proyecto. Por lo tanto, una metodología sistemática de administración de riesgos que identifique, evalúe y responda estratégicamente a los riesgos que afectan al desempeño de un proyecto de construcción garantizará el éxito económico esperado[17]. Igualmente, un trabajo exhaustivo debe profundizar hasta la raíz de los riesgos y es así como se llega a la operación del negocio y ejecución del proyecto lo cual se deriva en riesgos operativos, de los cuales se encarga esta investigación.

Como respuesta a la necesidad de la gestión de riesgos operativos en los proyectos de construcción el concepto de fiducia inmobiliaria toma fuerza en el país como lo explican los investigadores Carmen Hernández y Wilson Vargas en su trabajo

“Aspectos tributarios en la fiducia inmobiliaria y su incidencia en los proyectos de vivienda de interés social”[18].

Durante la década de los noventa los esquemas fiduciarios no estaban generalizados en la comercialización y construcción de proyectos inmobiliarios; en el sector se generaba un alto riesgo que era asumido totalmente por el constructor, quien era el encargado de comprar los predios apalancándose a través de préstamos con entidades financieras, de modo que se daba inicio al proyecto sin tener compradores vinculados. Cuando no se alcanzaba el punto de equilibrio o las licencias de construcción no eran otorgadas, el proyecto no podía terminarse, lo cual implicaba un fracaso comercial que afectaba a los compradores ya vinculados y a las entidades prestamistas. A raíz de la crisis financiera de finales de los noventa se presentaron altas tasas de interés y el sector de la construcción, de igual forma, entró en crisis, de tal manera que los constructores entregaban sus lotes o proyectos sin terminar en dación de pago a los prestamistas. Después de esta crisis, la recuperación de la construcción se fundamentó en el cambio del modelo de negocio. La incorporación del sistema de preventas permitió recuperar la confianza de todos, a través de la figura de la Fiducia Inmobiliaria, que administraba y custodiaba los dineros de los compradores, se garantizaba que sólo hasta cuando el proyecto alcanzara el punto de equilibrio se giraban los recursos al constructor para la ejecución del proyecto. Así, las sociedades fiduciarias han sido una importante parte de la modernización de la actividad[18]. Al igual que son exigentes en la evaluación del proyecto desde lo financiero, técnico como operativo para poder aceptar la entrada del proyecto y del constructor como clientes de ellos.

El desplome de la torre 6 del edificio Space de Medellín que dejó un saldo de 12 muertes, marco una huella en la historia de la construcción de viviendas en Colombia que dio origen al impulso para la creación de una nueva ley que impacta directamente sobre la vigilancia y control de las Edificaciones y la protección sobre los propietarios en caso de un colapso. La ley 1796 de 2016 conocida como la ley de vivienda segura entro en vigencia el pasado 13 de julio de 2016[19], la cual busca

una posible solución para los compradores de vivienda, para dar tranquilidad y garantizar la estabilidad de la construcción, encaminado a mitigar los errores de diseño, deficiencia de materiales, fallas en la estructura y el buen manejo del gobierno corporativo; aspectos relevantes de la operación de los proyectos de construcción.

Finalmente, la superintendencia de sociedades incluyó que a partir de agosto de 2017 entraran a cumplir con la implementación del Sistema de Autocontrol y Gestión del Riesgo de Lavado de Activos y Financiación del Terrorismo (SAGRLAFT) el sector inmobiliario y el sector de construcción de edificios. [20] Lo que muestra al igual que los conceptos anteriores son parte de la operación del proyecto de construcción.

Como respuesta a esta necesidad de controlar los riesgos en el sector de la construcción varios autores desde diferentes puntos de vista, tales como, las entidades bancarias[21], las entidades fiduciarias[22], las aseguradoras[23] y la superintendencia de industria y comercio a través de la ley 1480 de 2011 de protección al consumidor[14] han visto en sus investigaciones cómo mitigar o sancionar riesgos operativos en proyectos de construcción.

Medir y controlar riesgos es importante, sin embargo, cuantificarlos y llevarlos a los resultados económicos de los proyectos evaluando riesgos positivos y negativos a través de una matriz que permite disminuir las variables con mayor impacto en el proyecto como lo muestra C. Martínez en su trabajo de investigación[24]. Otro caso del sector real es el de K. Batallas[25] que propone una gestión financiera realizada para la empresa de construcción con fuentes de financiamiento evaluando los riesgos operativos y de liquidez que puedan afectarla; además de proponer un diseño de flujo de caja óptimo que permita gestionar de mejor manera los riesgos operativos a los que se ve expuesta la empresa.

Finalmente los proyectos son dinámicos y cíclicos[26] que hace que su operación se vea afectada por volatilidad de precios del mercado para la venta de los apartamentos como volatilidad en los costos por cambios de año, reformas tributarias y políticas; los cuales deben ser valorados y modelados en los proyectos[27]. Una muestra de ellos son los trabajos de investigación en materia de asociaciones público privadas[28] y la afectación de la materialización de los riesgos operativos en los flujos de caja que al ser valorados por su TIR y VPN presentan variaciones importante a tener en cuenta a la hora de invertir o de tomar decisiones durante la ejecución del proyecto como lo muestra la investigación de D. Londoño en la construcción de un proyecto de infraestructura vial de cuarta generación (4G) en Colombia[29].

Esta investigación cobra importancia para el sector inmobiliario para determinar los riesgos que más impactan el valor de un proyecto, ya sea en la planeación o en la ejecución de este para tomar decisiones de manera oportuna.

3.2. MARCOS DE REFERENCIA

3.2.1. Definición y Tipos de Riesgos asociados a un proyecto

En 1988, el comité de supervisión bancaria de Basilea estableció el primer acuerdo de capital, es decir, Basilea I. El centro de dicho documento era el riesgo crediticio de los bancos, a los cuales se les pedía prever un mínimo de capital en caso de insolvencia de los deudores [30]; No fue sino hasta 1996, que se incluyó el riesgo de mercado. Es en 2004 con el acuerdo de Basilea II [31], cuando se intenta trabajar de una manera más integral acerca de la solvencia y seguridad del sector financiero. Una de las innovaciones en este acuerdo es la inclusión de requerimientos de capital por riesgo operativo. Si bien es cierto que el riesgo operativo existe en todas las funciones de las entidades financieras, desde el primer instante de su vida, y su gestión ha sido importante para disminuir el fraude y desarrollar controles internos,

sólo recientemente se ha desarrollado un interés formal por parte de los reguladores, consultores, académicos e instituciones financieras. Lo anterior es debido básicamente a las enormes pérdidas de las entidades financieras registradas por errores operacionales en el mercado, como fueron los casos de Banco Barings y Daiwa Bank en 1995, Sumimoto Bank en 1996 y Allied Irish Bank en 2000. [30]; por lo tanto, el riesgo operativo empieza a tener relevancia no solo en el sector financieros sino en cualquier sector, incluyendo el constructor, lo que lleva a proponer modelos y estrategias que permitan su gestión y su modelación.

Según la Real Academia de la española (RAE) la palabra **riesgo** la define como “**Contingencia o proximidad de un daño**” y la frase **riesgo operativo** le da el significado de “**que sufre una empresa derivado de la posibilidad de fallos en su propio funcionamiento**”. [32]

Según la NTC 5254 **riesgo** lo define como “**posibilidad de que suceda algo que tendrá impacto en los objetivos. Se mide en términos de consecuencias y posibilidad de ocurrencia**”. Y la frase **proceso de gestión del riesgo** es la “**aplicación sistemática de políticas de gestión, procedimientos y prácticas, a las tareas de establecimiento del contexto, identificación, análisis, evaluación, tratamiento, monitoreo y comunicación del riesgo**”. [33].

Según ISO 31000:2009, se deben considerar diferentes criterios para definir el riesgo ya que deben reflejar los valores, objetivos y recursos de la empresa o del proyecto, algunos son proveniente de requisitos legales otros de agentes externos o internos de la empresa. Estos criterios deben ser consistentes con la política de gestión de riesgos de la organización. [34]

Los factores para considerar al definir el riesgo serían su naturaleza, tipos, causas y consecuencias que pueden ocurrir, la forma cómo se medirán y cuantificarán los impactos, el período de tiempo y su consecuencia. Al final se define el nivel al cual el riesgo se vuelve aceptable o tolerable; y si se deben tener en cuenta las

combinaciones de riesgos múltiples y, de ser así, cómo y qué combinaciones se deben considerar. [34]

3.2.2. Normatividad en riesgos

Acuerdos de Basilea II

Este acuerdo incorporó algunas buenas prácticas en relación con la gestión del riesgo operativo apoyadas en los siguientes tres pilares [31]:

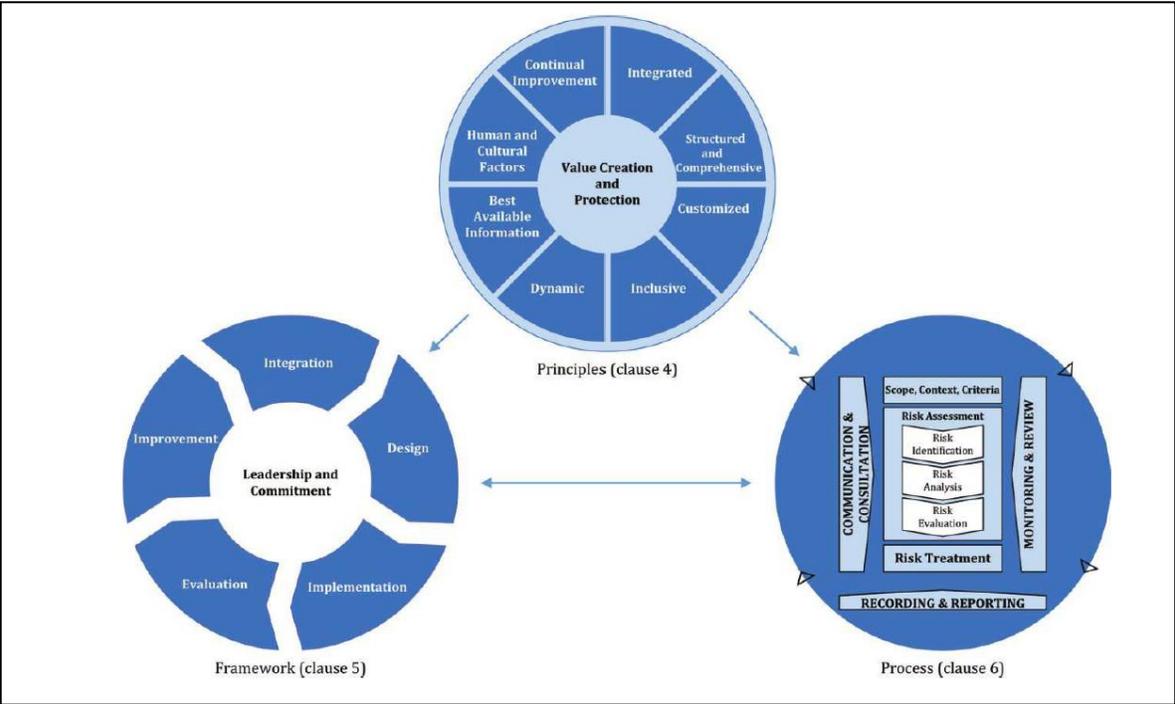
- **Pilar I:** hace referencia al requerimiento mínimo de capital, así como propone tres métodos para calcular los requerimientos de capital por riesgo operativo, estos métodos son denominados como el indicador básico, el método estándar y el método de medición avanzada (AMA).
- **Pilar II:** se refiere al proceso de examen supervisor que consiste en garantizar que los bancos posean el capital necesario para cubrir los riesgos de sus actividades y que se utilicen mejores técnicas de gestión de riesgos en el seguimiento y control de los mismos.
- **Pilar III:** La disciplina de mercado; se desarrollan una serie de requisitos de divulgación que permitirá a los agentes de mercado evaluar información esencial referida al ámbito de aplicación, el capital, las exposiciones al riesgo, los procesos de evaluación del riesgo y, con todo ello, a la suficiencia de capital de la institución.

ISO 31000:2009

En el año 2009 se publicó la norma ISO 31000 sobre administración de riesgo, la cual fue actualizada en el 2018; en donde se incorporan principios y guías para la implementación de la administración de riesgo. En esta norma se establecen los elementos para establecer el contexto, identificar, evaluar, tratar y monitorear el riesgo operativo en cualquier tipo de entidad. [35] La norma ISO 31000 se divide en tres partes principales, la primera de ella hace referencia a los principios de la

gestión de riesgo, en donde se incorporan los lineamientos de dicha gestión, la segunda consiste en el marco de referencia y la tercera corresponde al proceso de gestión de riesgo, tal como se aprecia en la Figura 1.

Figura 1. Relaciones entre los principios, el marco de referencia y los procesos para la gestión del riesgo



Fuente: Tomado de [35]

COSO

En el año 2005; COSO (Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission).[36] publicó la guía para la administración de los riesgos corporativos con el fin de que las Organizaciones tuvieran una referencia para tratar efectivamente la incertidumbre y sus riesgos y oportunidades asociados, mejorando así la capacidad de generar valor. La guía se sintetiza en ocho componentes relacionados entre sí, que se derivan de la manera en que la dirección conduce la empresa o proyecto y cómo están integrados en el proceso de gestión. Estos componentes se explican a continuación y se aprecian en la Figura 2.

- Ambiente interno: El ambiente interno abarca el tono de una organización y establece la base de cómo el personal de la entidad percibe y trata los riesgos, incluyendo la filosofía de administración de riesgo y el riesgo aceptado, la integridad, valores éticos y el ambiente en el cual ellos operan [36].

Figura 2. Administración de riesgos corporativos



Fuente: Tomado de [36]

- Establecimiento de objetivos: Los objetivos deben existir antes de que la dirección pueda identificar potenciales eventos que afecten su consecución. La administración de riesgos corporativos asegura que la dirección ha establecido un proceso para fijar objetivos y que los objetivos seleccionados apoyan la misión de la entidad y están en línea con ella, además de ser consecuentes con el riesgo aceptado [36]
- Identificación de eventos: La dirección identifica los eventos potenciales que, de ocurrir, afectarán a la entidad y determina si representan oportunidades o si pueden afectar negativamente a la capacidad de la empresa para implantar la estrategia y lograr los objetivos con éxito [36]

- Evaluación de riesgo: Los riesgos se analizan considerando su probabilidad (posibilidad de que ocurra un evento determinado) e impacto (efectos) como base para determinar cómo deben ser administrados [36]
- Respuesta al riesgo: La dirección selecciona las posibles respuestas desarrollando una serie de acciones para alinearlos con el riesgo aceptado y las tolerancias al riesgo de la entidad [36]
- Actividades de control: Las políticas y procedimientos se establecen e implantan para ayudar a asegurar que las respuestas a los riesgos se llevan a cabo efectivamente. Las actividades de control son las políticas y los procedimientos que deben seguirse para lograr que las instrucciones de la administración con relación a sus riesgos y controles se cumplan. Las actividades de control se distribuyen a lo largo y a lo ancho de la organización, en todos los niveles y funciones [36]
- Información y comunicación: Los sistemas de información y comunicación son la base para identificar, capturar e intercambiar información en una forma y período de tiempo que permita al personal cumplir con sus responsabilidades y a los usuarios externos contar oportunamente con elementos de juicio suficientes para la adopción de las decisiones que les corresponde en relación con la respectiva entidad [36]
- Monitoreo: La totalidad de la administración de riesgos corporativos es monitoreada y se efectúan las modificaciones necesarias. Este monitoreo se lleva a cabo mediante actividades permanentes de la dirección, evaluaciones independientes o ambas actuaciones a la vez [36].

Sistema de Administración en Riesgo Operativo (SARO)

Entre los diferentes riesgos que se gestionan se encuentra el Riesgo Operativo. De acuerdo a la Circular Externa 041 de 2007 [37], la Superintendencia Financiera de Colombia define Riesgo Operativo como “la posibilidad de incurrir en pérdidas por deficiencias, fallas o inadecuaciones, en el recurso humano, los procesos, la tecnología, la infraestructura o por la ocurrencia de acontecimientos externos. Esta definición incluye el riesgo legal y reputacional, asociados a tales factores”.

De acuerdo a SARO, La gestión de riesgo se realiza con base en cuatro etapas que conforman un ciclo de retroalimentación constante para la adecuada administración de los riesgos, éstas etapas son la identificación, medición, control y monitoreo [37]

- **Identificación:** Esta fase busca identificar los riesgos que se han de gestionar, usando un proceso sistemático bien estructurado ya que un riesgo no identificado en esta etapa puede ser excluido de un análisis posterior. El propósito es generar una lista de las fuentes de riesgos y de los eventos que pueden tener impacto en el logro de cada uno de los objetivos identificados en el contexto. Estos eventos pueden evitar, degradar retrasar o potenciar el logro de estos objetivos
- **Medición:** Los riesgos se miden considerando su probabilidad de ocurrencia y la magnitud del impacto (también conocida como severidad) como base para determinar cómo deben ser administrados. La probabilidad de ocurrencia se entiende como la frecuencia con la que se presenta el riesgo en la entidad y la magnitud del impacto es la dimensión de las consecuencias de la materialización de un riesgo; estas consecuencias pueden ser económicas, legales, reputacionales; entre otras.
- **Control:** A partir de las matrices de riesgo las Organizaciones determinan aquellos riesgos que deben gestionarse prioritariamente y aquellos que están adecuadamente controlados y no requieren acciones adicionales. Entre las medidas para tratar los riesgos se encuentran la transferencia del riesgo por

medio de contratación de seguros o contratos de outsourcing, actividades adicionales de control y monitoreo o la posibilidad de asumir los riesgos operativos. El control del riesgo implica la identificación de opciones para tratar los riesgos, la valoración de tales opciones y la preparación e implementación de los planes de tratamiento.

- Monitoreo: La revisión continua es esencial para garantizar que el plan de gestión siga siendo pertinente. El monitoreo y la revisión implica lecciones de aprendizaje debido a los procesos de gestión de riesgo, mediante la revisión de eventos, los planes de tratamiento y sus resultados

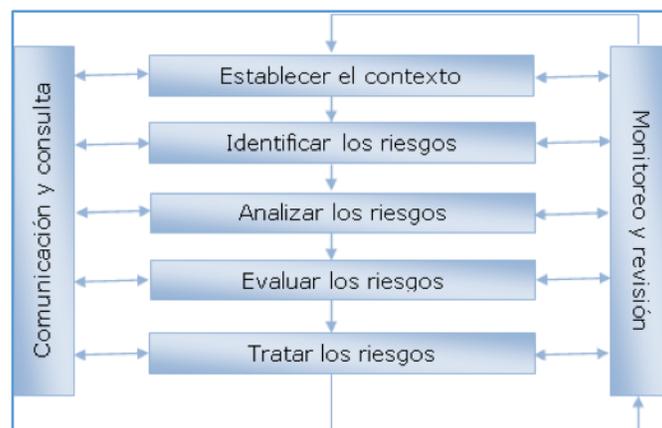
NTC 5254: Gestión de Riesgos

La Norma Técnica Colombiana (NTC) de gestión del riesgo 5254 es una traducción idéntica de la norma técnica Australiana AS/NZ 4360:2004 de amplia aceptación y reconocimiento a nivel mundial para la gestión de riesgos independiente de la industria o el negocio que desee emplearla. Esta norma proporciona un marco para el proceso de gestión de riesgo, como se puede apreciar en la figura 3 el esquema de integralidad en la gestión del riesgo, en el cual se incorporan elementos para la identificación, la evaluación, tratamiento y monitoreo de los riesgos operativos que se explican a continuación [33].

- Establecer el contexto estratégico, organizacional y de gestión del riesgo.
- Identificar los factores de riesgos, qué riesgos pueden materializarse, por qué y cómo pueden surgir elementos, que pueden utilizarse como base para el análisis posterior.

- Analizar riesgos en términos de consecuencia y probabilidad en el contexto de los controles, considerando además el posible impacto y las consecuencias potenciales, así como la posibilidad de ocurrencia.
- Evaluar los riesgos, comparar los niveles estimados de riesgo, contra los criterios preestablecidos.
- Tratar los riesgos de acuerdo con su impacto y aplicar estrategias directivas para aceptar y monitorear los riesgos de baja prioridad y desarrollar e implementar un plan de gestión específico para tratar los riesgos de mayor impacto, que incluya el suministro de recursos.
- Monitorear y revisar el desempeño del sistema de gestión del riesgo y los cambios que puedan afectarlo.
- Comunicar y consultar con las partes interesadas, internas y externas, según corresponda apropiado, en cada etapa del proceso de gestión del riesgo y con relación al proceso en conjunto.

Figura 3. NTC – 5254 Marco para el Proceso de Gestión del Riesgo



Fuente: Tomado de [33]

3.2.3. Valoración de Proyectos de Construcción

Los métodos de flujos de caja descontados se basan en un pronóstico detallado y cuidadoso para cada periodo y para cada una de las partidas financieras vinculadas a la generación de los flujos de efectivo correspondientes a las operaciones de la empresa y/o del proyecto. La proyección de los flujos y el descuento a valor presente permite tener herramientas e información para tomar la decisión de implementar o no un proyecto, en este caso proyectos de construcción de vivienda, así mismo, la materialización de los diferentes riesgos operativos que puede sufrir estos proyectos puede llevar a una disminución de los ingresos o un incremento de los costos y gastos que pueden hacer que los proyectos no sean atractivos para los inversionistas de los estos. Para realizar este análisis es importante conocer conceptos asociados con el Free Cash Flow, el flujo de caja del accionista y el valor presente neto.

Free Cash Flow (FCF)

El flujo de caja libre corresponde a los flujos de caja operativos y de inversión de una empresa o proyecto sin considerar el financiamiento de este, aunque después de impuestos. Es decir, que es el sobrante que quedará en la empresa o proyecto luego de haber cubierto las necesidades operativas de caja, y las inversiones suponiendo que no hay deuda y por tanto tampoco existirá una carga financiera. Para determinar el FCF, se procederá de un modo semejante al presupuesto de tesorería, con la diferencia de que se proyectarán los flujos realizados a la tesorería (es decir que se excluyen los conceptos temporales de ingreso contable y costos de oportunidad), y se procurará eliminar la mayor cantidad posible de subjetividades a la hora de determinar el beneficio neto (identificación de ingresos y asignación de costos y gastos). Este método supone prescindir de la financiación de la empresa, para focalizarse en el rendimiento económico de los activos de la empresa después de impuestos, bajo el supuesto de empresa o proyecto en marcha o en ejecución.

[38]

Flujo de Caja del Accionista

Para calcular el flujo de caja disponible para el accionista, se parte del flujo de caja libre y se restan los pagos de los intereses de la deuda y el pago del capital; y se le suman los incrementos de nuevas deudas. Se refiere básicamente al flujo de caja que queda disponible en la empresa luego de haber cubierto las necesidades operativas de caja, el neto de las inversiones en activos fijos y los costes financieros, reintegrando la parte correspondiente al principal o accionista. [38]

3.2.4. Simulación Montecarlo

La Simulación Montecarlo consiste en obtener escenarios de rendimientos, precios de un activo, utilidad, flujos de caja, valores de la empresa, endeudamiento, entre otros mediante la generación de números aleatorios correlacionados que repliquen las distribuciones de probabilidad o los procesos estocásticos definidos para cada uno de los factores de riesgo, que en este caso, los factores de riesgo estarán relacionados a la cuantificación de la materialización de los riesgos operativos a los que se puede abocar un proyecto de construcción. La inclusión de estos valores en los flujos de caja del proyecto permite observar el movimiento de la TIR y VPN como valor definitivo en la toma de decisiones en invertir o no en el proyecto.

El proceso de simulación Montecarlo Estructurado para el análisis de riesgo de un proyecto debe generar valores aleatorios conocidos como escenarios para cada materialización del riesgo definido como de gran impacto para el proyecto. La gran ventaja de la simulación Montecarlo es que permite modelar cualquier distribución de probabilidad para los diferentes factores de riesgo.[39]

4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1. MODALIDAD

Este proyecto de investigación presenta una modalidad mixta, dada que en primera instancia es necesario realizar un estudio cualitativo con el propósito de entender el proceso por medio del cual se desarrolla un proyecto de construcción de un edificio, que posteriormente permita identificar los diferentes riesgos operativos que pueden afectar el proyecto y de esta manera definir las medidas que faciliten realizar un control y un seguimiento a los riesgos identificados. En segunda instancia es necesario desarrollar un modelo que permita cuantificar los riesgos operativos identificados, así como identificar las demás variables que afectan los flujos de caja de un proyecto de construcción para de esta manera modelar el impacto que presentan estos riesgos en la decisión que tiene los inversionistas, clientes de un proyecto y entidades financiadoras en aceptar o rechazar este tipo de obras.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El trabajo de grado se caracteriza por ser un estudio aplicado ya que se utilizará herramientas de gestión de riesgo y de simulación para analizar la viabilidad de implementar proyectos de construcción de edificios de vivienda; por lo tanto, se deberán definir, adaptar y aplicar las técnicas más apropiada para este tipo de proyectos que permitan realizar la identificación, medición y gestión de los riesgos operativos. Así mismo se aplicarán los conceptos de evaluación de proyectos de inversión, definición de los flujos de caja futuros del proyecto, la modelación que permita cuantificar el riesgo operativo en sus variables de frecuencia e impacto y la simulación de estos elementos, involucrando conceptos de riesgos en proyectos, que permitan medir el impacto del riesgo en el valor presente de los proyectos de construcción y de esta manera brindar herramientas adicionales a los tomadores de decisiones.

De acuerdo con los objetivos planteados, los métodos a utilizar serán inductivo y analítico, el método inductivo permitirá obtener información cualitativa para el

análisis mediante encuestas, entrevistas y análisis de información que permitan identificar los riesgos a los que se exponen este tipo de proyecto y a partir de los resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos, se utilizará el método analítico lo cual suministrará profundidad en cuanto al análisis del modelo de simulación que se realizara después de identificar los riesgos y analizar su influencia en la decisión de invertir o no en el proyecto de construcción de vivienda.

3.3. TIPO DE FUENTES

La búsqueda de información se apoya de fuente primaria por medio de encuestas y/o entrevistas que permitan definir los riesgos que afectan una obra de construcción de un edificio de vivienda. Como información secundaria se tienen artículos científicos con información sobre riesgo operativo, análisis de proyectos de inversión, normas del sector constructor, eventos documentos de riesgos que se han presentado y afectado este tipo de obras, entre otro tipo de información.

3.4. UNIDAD DE ANALISIS

La unidad de análisis serán proyectos de construcción de vivienda en donde se concentrará el análisis de riesgos, su gestión y su cuantificación para determinar su influencia en las decisiones de inversión de este tipo de proyectos.

3.5. MODELO

Para desarrollar el trabajo de grado se abordarán diferentes modelos asociados con la teoría de riesgos y las decisiones de inversión tales como VPN, TIR AVP, para ello se desarrollarán tres fases que buscan cumplir los objetivos propuestos.

Fase 1: Análisis de los riesgos asociados con las obras de construcción de vivienda, para esto se desarrollarán las siguientes actividades:

- Se definirá el proceso que se requiere para desarrollar las obras de construcción de vivienda y se plasmará en un diagrama de flujo.
- Se identificarán los riesgos operativos que afecten los objetivos de los proyectos de construcción de vivienda, así mismo se describirán las causas, las clases de riesgo y los efectos asociados.
- Se construirán escalas de medición cualitativa para determinar la posibilidad y las consecuencias de los riesgos.
- Se elaborará el mapa de riesgo de los proyectos de construcción de vivienda
- Se propondrán medidas de control y seguimiento para los riesgos identificados y se analizará sus costos que impactará en los flujos de caja del proyecto.

Fase 2: Cuantificación de los riesgos operativos en las variables de frecuencia e impacto, para esto se desarrollarán las siguientes actividades:

- Se seleccionarán los riesgos que se incluirán en la modelación de los flujos de caja y se determinaran las variables y parámetros que los determinan.
- Se definirán las distribuciones de probabilidad que se deben utilizar para medir la frecuencia de los riesgos identificados.
- Se definirán las distribuciones de probabilidad que se deben utilizar para medir la severidad de los riesgos identificados.
- Se buscará el método que permita combinar las distribuciones de frecuencia y severidad que permita obtener la distribución de pérdidas agregadas por medio del modelo LDA o el modelo POT

Fase 3: Construcción del modelo de análisis de inversión que permita simular la materialización del riesgo operativo en la construcción de un edificio para vivienda, para esto se desarrollaran las siguientes actividades:

- Construcción de los flujos de caja futuros, considerando las diferentes variables que afectan los proyectos de construcción (Ingresos, costos

directos e indirectos, gastos, inversiones, costo de capital, etc.), incluyendo la variable de pérdidas por riesgo operativo.

- Definición de las distribuciones de probabilidad de las cuentas que se encuentra involucradas en los flujos de caja.
- Cálculo del VPN y la TIR del proyecto de construcción
- Simulación Montecarlo y análisis de los resultados

5. RESULTADOS

5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

A continuación, se describen cada uno de los macroprocesos asociados con el proyecto de construcción que permita entender cada una de las actividades como el insumo esencial para realizar la identificación y medición de los riesgos operativos que se pueden presentar en el proyecto.

En los macroprocesos se incluyen: Prefactibilidad, Mercadeo y Ventas, indirectos de construcción y los directos de construcción.

5.1.1. Prefactibilidad

El macroproceso de prefactibilidad consiste en evaluar financiera, técnica y jurídicamente un proyecto de construcción con el objetivo de definir la viabilidad de su ejecución. A continuación, en la *Tabla 63*. se describen las actividades que hacen parte de este parte del proyecto de construcción:

Tabla 3. Descripción del Macroproceso de Prefactibilidad

Proceso	Descripción
PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (POT)	Los planes de ordenamiento territorial de los municipios permiten identificar las futuras proyecciones que tenga destinada las entidades territoriales dentro del lote o cerca al lote donde se quiere desarrollar el proyecto, lo cual permite identificar normatividades actuales o futuras que se tengan destinadas para la zona de influencia del proyecto
PLANES PARCIALES	Los planes parciales son desarrollos urbanísticos definidos para una zona amplia de una entidad territorial que permite definir en común acuerdo con los propietarios de los terrenos el crecimiento de las ciudades, de esta manera se definen cargas impositivas a las unidades de gestión definidas y todo lo concerniente con especificaciones de construcción
NORMATIVAS DE PLANEACION	En los municipios grandes los departamentos de planeación son los encargados de definir las exigencias de tipo constructivo para cada proyecto, tales como índices de construcción, índices de altura, índices de parqueaderos, dimensiones de ingreso entre otro sin número de reglamentaciones que se deben consultar al momento de construir la prefactibilidad del proyecto, ya que en casos pueden hacer que el proyecto no sea viable financieramente.

NORMATIVAS DE CURADURIA	Las curadurías son entidades públicas encargadas de otorgar las licencias de urbanismo y/o construcción. En la actualidad estas instituciones vigilan el cumplimiento de las normas que reglamentan la construcción y se encarga de garantizar que se paguen las expensas e impuestos que se derivan del desarrollo del proyecto. La misma naturaleza de la función del curador urbano establece que éste ejerce una función pública para la verificación del cumplimiento de las normas urbanísticas y de edificación vigente en el municipio o distrito.
NORMAS AMBIENTALES	Se puede definir como un conjunto de principios para la protección del medio ambiente de una zona, región o territorio. El desarrollo de los proyectos de construcción debe solicitar permisos y licenciamientos ambientales los cuales definen a la retribución en materia de impuestos o siembras de árboles que se debe hacer por el impacto que generará la construcción al medio ambiente. Es por esto que se deben consultar y analizar profundamente, porque puede hacer que el proyecto sea viable o no en dicho terreno estudiado
CARGAS IMPOSITIVAS	Las cargas impositivas son los equipamientos o solicitudes de las administraciones locales y/o municipales en términos de compensaciones, ya sean en dinero o en especie, tales como, construcciones de parques, escuelas, puentes, vías, redes, instalaciones deportivas u otros compromisos con las comunidades vecinas al proyecto.
HABITABILIDAD	La verificación de habitabilidad del proyecto corresponde a la revisión de disponibilidad de servicios públicos tales como energía, acueducto, alcantarillado y gas. Los cuales son vitales para la entrega de las viviendas a los propietarios. El estudio de la prefactibilidad del proyecto debe incluir las respectivas consultas a las entidades prestadoras de servicios que sí tengan la infraestructura para llegar al lote donde se construirá el proyecto.
MODELACIÓN FINANCIERA	Se construye los flujos de caja del proyecto y se analiza las rentabilidades de la ejecución del proyecto, todo llevado a valor en el tiempo

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2. Mercadeo y Ventas

El macroproceso de mercadeo y ventas consiste en la realización del plan de ventas del proyecto dónde se define las estrategias de promoción y comercialización de los inmuebles, se generan los presupuestos de ventas y las campañas publicitarias para garantizar el éxito financiero del proyecto. A continuación, En la **Tabla 4.** se describen las actividades que hacen parte de este parte del proyecto de construcción:

Tabla 4. Descripción del Macroproceso de Mercadeo y ventas

Proceso	Descripción
MERCADEO	Consiste en la investigación del mercado en la zona de influencia donde se va a desarrollar el proyecto, lo que permite definir el tipo de producto a lanzar y sus especificaciones tales como, tamaño, tipo de construcción, nivel socio económico objetivo, tipos de acabados y la estrategia de comercialización. Igualmente permite tomar la decisión del precio de lanzamiento y la proyección de crecimiento del mercado
VENTAS	Son el motor del proyecto y define el inicio de construcción de las viviendas, es importante definir el precio de ventas para proyectar el flujo de caja y marcar los tiempos de ejecución. Así como definen el inicio de construcción pueden marcar el ritmo de ejecución total, incluyendo el proceso de entrega a cliente final. son susceptibles a variables macroeconómicas y a decisiones políticas tanto nacionales como regionales
PUBLICIDAD	La publicidad es la inversión en la promoción del proyecto en el mercado, es vital para atraer clientes y hacer que lleguen a las salas de ventas y apartamentos modelo. La publicidad debe llevar el enfoque al público objetivo potencial para la compra de los apartamentos del contrario es dinero perdido porque no atraerá clientes

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3. Indirectos de Construcción

El macroproceso de Indirectos de Construcción consiste en la estructuración y contratación de todos los diseños que necesita la construcción de un edificio, incluyendo los detalles de los procesos constructivos ya sean arquitectónicos, estructurales o de suelos y taludes, igualmente en este macroproceso se llevan a cabo las funciones de supervisión técnica durante la construcción que garanticen la calidad para la habitabilidad del proyecto. A continuación, En la *Tabla 65*. se describen las actividades que hacen parte de este parte del proyecto de construcción:

Tabla 5. Descripción del Proceso de Directos de Construcción

Proceso	Descripción del Proceso
---------	-------------------------

<p style="text-align: center;">ESTUDIO GEOTÉCNICOS</p>	<p>Según la NSR-10 en su título H. [40] Corresponde a una explotación del subsuelo en el que se va a construir el edificio, complementada con una consideración de sus alrededores para detectar, de ser el caso, movimientos de suelo. El ingeniero geotecnia debe elaborar un informe en el cual relacione la exploración y los resultados obtenidos en el laboratorio, se den las recomendaciones que debe seguir el ingeniero estructural en el diseño de la cimentación y obras de contención, la definición de los efectos sísmicos, los procedimientos constructivos que debe emplear el constructor, y los aspectos especiales a ser tenidos en cuenta por el supervisor técnico. El reporte debe ir firmado o rotulado por un ingeniero civil facultado para este fin de acuerdo con la ley 400 de 1997. [40]</p>
<p style="text-align: center;">DISEÑO ARQUITECTÓNICO</p>	<p>Según la NSR-10 en su título A [41] el diseño arquitectónico de una edificación debe cumplir con la reglamentación urbana vigente y debe indicar los usos para cada una de las partes de la edificación. El proyecto arquitectónico debe ir firmado por un arquitecto con matrícula profesional vigente.</p>
<p style="text-align: center;">DISEÑO ESTRUCTURAL</p>	<p>Según la NSR-10 en el título C [42] el diseño estructural debe ser realizado por un ingeniero civil facultado para este fin, de acuerdo con la ley 400 de 1997. La estructura de la edificación debe diseñarse para que tenga resistencia y rigidez adecuadas ante las cargas mínimas de diseño. Debe soportar las cargas de servicio de tal manera que no se vea afectado el edificio.</p>
<p style="text-align: center;">REVISIÓN DE LOS DISEÑOS</p>	<p>Según la NSR-10 [41] Los planos, memorias y estudios realizados deben ser revisados para efectos de la obtención de la licencia de construcción tal como lo indica la Ley 400 de 1997, la Ley 388 de 1997 y sus respectivos reglamentos. Esta revisión debe ser realizada en la curaduría o en las oficinas o dependencias encargadas de estudiar, tramitar, y expedir las licencias de construcción, o bien por un profesional independiente, a costo de quien solicita la licencia. Los revisores de los diseños deben tener las cualidades establecidas en la Ley 400 de 1997.</p>
<p style="text-align: center;">SUPERVISION TÉCNICA</p>	<p>De acuerdo con el Título V de la Ley 400 de 1997, NSR 10 Título I [43] la construcción de estructuras de edificaciones, o unidades constructivas, que tengan más de 3000 m² de área construida, independientemente de su uso, debe someterse a una supervisión técnica, la cual tiene como objetivo garantizar que el proyecto se construya según las especificaciones de los diseñadores, según las normas vigentes y con los materiales adecuados que brinden la estabilidad de la edificación.</p>
<p style="text-align: center;">GERENCIA DEL PROYECTO</p>	<p>Es un proceso administrativo que se encarga alinear todos los demás procesos que interactúan con la construcción de la edificación y de controlar tanto el avance de obra como el presupuesto para garantizar la rentabilidad del mismo,</p>

<p>PRESUPUESTO Y PROGRAMACION</p>	<p>Consiste en obtener de los diseños todas las cantidades de materiales, mano de obra, administración e imprevistos en todas las actividades para llevar a cabo la construcción del edificio. Este presupuesto es la base financiera para obtener la rentabilidad del proyecto. Igualmente, a cada actividad se le ingresa el tiempo de ejecución lo que se convierte en el cronograma de la obra.</p>
<p>TOPOGRAFÍA</p>	<p>La topografía se encarga de definir los límites del lote, y demarcar los ejes de la cimentación que luego se convierten en las columnas de la estructura. La topografía acompaña toda la construcción para comprobar los niveles del edificio y posibles asentamientos producto del peso de la estructura en el suelo</p>
<p>AVALÚO - DESENGLOBE - PORTIONES DEL LOTE</p>	<p>Los lotes para el desarrollo de los proyectos se deben particionar según las etapas y las cesiones de faja que se deban realizar a los entes gubernamentales. Es fundamental para los procesos siguientes de endeudamiento y escrituración de cada etapa del proyecto.</p>
<p>LICENCIA AMBIENTAL</p>	<p>Es la autorización previa a la construcción del edificio emitida por la autoridad ambiental competente en cada municipio, área metropolitana y de carácter nacional la cual define los lineamientos que debe seguir la construcción del edificio en materia del cuidado del medio ambiente, igualmente define las bases a tener en cuenta en el aprovechamiento forestal que debe ejecutarse antes del inicio del proyecto.</p>
<p>LICENCIA DE CONSTRUCCIÓN</p>	<p>Según la NSR-10[41] Es la autorización previa, expedida por el curador urbano o la autoridad municipal o distrital competente, para adelantar obras de construcción, ampliación, adecuación, reforzamiento estructural y modificación, en cumplimiento de las normas urbanísticas y de edificación adoptadas en el Plan de Ordenamiento Territorial, en los instrumentos que lo desarrollen o complementen y en las leyes y demás disposiciones que expida el Gobierno Nacional.</p>
<p>DISEÑO ELECTRICO</p>	<p>Es el proceso que determina el número de salidas eléctricas y el cálculo de las acometidas eléctricas y al final las dimensiones del transformador y la demanda a consumir. Es importante que cumplan con las regulaciones del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) expedido por el ministerio de minas y energía.</p>
<p>DISEÑO HIDROSANITARIO, GAS Y RCI</p>	<p>El diseño hidrosanitario, GAS y Red Contra Incendio (RCI) [44] tiene como objetivo garantizar el suministro de presión y caudal de agua potable para cada apartamento, y la presión y caudal de la Red Contra Incendio en caso de una emergencia. La demanda de GAS es fundamental para los propietarios finales que van a vivir en la edificación.</p>

DISEÑO VIAS	Al interior del proyecto, como al acceso requieren vías que su diseño basa la importancia la maniobrabilidad de los vehículos y la seguridad al acceso y salida del proyecto.
SEGUROS	Son pólizas que se adquieren para garantizar la estabilidad financiera del constructor en caso de que se materialice un riesgo ya sea de tipo de accidentes laborales o de responsabilidad civil extracontractual. Igualmente son necesarias para la obtención del crédito constructor
FIDUCIA	En la construcción actual con el fin de salvaguardar los dineros de los compradores de vivienda es necesario conformar patrimonios autónomos a través de fiducias donde se parquean los lotes y se vinculan tanto beneficiarios de área (clientes) como fideicomitentes (constructor) con el único fin de llevar a cabo la construcción de un proyecto de vivienda, con esto se busca garantizar la inversión exclusivamente en el proyecto los recurso aportados por los vinculados y responsables del proyecto.
REGLAMENTO DE PROPIEDAD HORIZONTAL	Es el proceso mediante el cual se actualiza la ficha Catastral respecto de los cambios que ocurren en los predios, por nuevas edificaciones, construcciones o demoliciones.
TRAMITES Y ESCRITURACIÓN	Los tramites finales para las entregas de los apartamentos incluyen desde el paz y salvos ante la constructora y las entidades municipales, al igual que la gestión ante notarías, oficinas de registro e instrumentos públicos, fiducias, banco constructor, banco largo, industria y comercio. Este proceso es determinante porque es demorado y costoso si no se controla, ya que los intereses del crédito constructor son muy altos y afectan directamente la rentabilidad del proyecto
ADMINISTRACION PROVISIONAL	Al momento de alcanzar más del 50% de los apartamentos de la primera etapa entregados a los propietarios se nombra una administración provisional para que se encargue de todo lo que tiene que ver con el edificio, desde la vigilancia hasta el aseo, es importante que se congregue a los clientes para que se realicen la primera asamblea de copropietarios y se decida el administrador definitivo

Fuente: Elaboración Propia

5.1.4. Directos de construcción

Según la NSR-10 en el capítulo A.1[41] Exige que la construcción de la estructura, y de los elementos no estructurales, de la edificación se debe realizar de acuerdo con los requisitos propios del material, para el grado de capacidad de disipación de

energía para el cual fue diseñada, de acuerdo con los requisitos dados por el Reglamento NSR-10[45] para cada material estructural y siguiendo los procedimientos y especificaciones dados por los diseñadores. La dirección de la construcción debe ser realizada por profesionales facultados para este fin, de acuerdo con la Ley 400 de 1997 y el reglamento NSR-10. [41]

En la *Tabla 6*, se presenta la descripción de los procesos directos de construcción de un edificio de vivienda.

Tabla 6. Descripción del Macroproceso de Directos de Construcción

Proceso	Descripción del Proceso
PRELIMINARES	El conjunto de actividades preliminares de construcción se puede definir como el hecho de colonizar el terreno dónde se desarrollará el proyecto, por lo tanto, se inicia con el cerramiento del lote y se localiza el edificio. Se continúa con las adecuaciones y/o demoliciones que se deban hacer para las instalaciones provisionales de almacén, oficinas, acopio de materiales.
PILAS	Las pilas hacen parte de la cimentación de la estructura y se encargan de transportar todas las cargas (1) del edificio al suelo portante
EXCAVACIONES	Las excavaciones son aquellos movimientos de tierra del terreno natural para enmarcar las vigas de fundación, placas faltantes, fosos, redes, filtros y otros elementos por debajo del nivel de la losa de cimentación
REDES	Las Redes son todas aquellas instalaciones hidrosanitarias o de cualquier tipo que deba ir por debajo del nivel de la losa de cimentación
LLENOS Y NIVELACIÓN	Consiste en la operación de nivelar el terreno donde se va a vaciar el concreto de la losa de cimentación
SUBESTRUCTURA	Los cabezotes de las pilas se deben unir entre sí a través de vigas de fundación para formar el primer pórtico del edificio
ESTRUCTURA	La estructura es definida por El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10[42] como un ensamblaje de elementos, diseñado para soportar las cargas gravitacionales y resistir las fuerzas horizontales, consta de Vigas, Columnas, escaleras, losas.

RAMPA	Las rampas son los accesos a los diferentes niveles de parqueaderos ya sean subterráneos o elevados, es por esto que en su proceso constructivo se tienen actividades como pilas, columnas, losas y muros de contención
MAMPOSTERIA	La mampostería se utiliza para cerrar el edificio, lo cual se conoce como fachada y para crear muros divisorios al interior del edificio[46]
INSTALACIONES ELECTRICAS	Las instalaciones eléctricas consisten tanto en las conexiones con los transformadores de la red pública como la subestación y en dejar las salidas para conexiones, interruptores, iluminación y televisión.
INSTALACIONES HIDROSANITARIAS Y DE GAS	Se refiere al proceso de armar todos muñecos de la tubería de abasto y de desagüe por apartamento y luego conectar los tallos verticales ya sea para abastecer de agua potable como para evacuar las aguas sanitarias y lluvias[44]
ACABADOS	Son todas aquellas actividades también llamadas como obra blanca y busca embellecer el edificio, dejarlo habitable de manera estética, es por esto que actividades como revoque, estuco y pintura hacen gran parte del proceso
EXTERIORES Y ZONAS COMUNES	Para la entrega final del proyecto se deben hacer todas las obras consideradas como de zonas comunes para los que habitarán en el proyecto de vivienda, al igual que actividades de funcionalidad, tales como tanques, red contra incendio, ascensores, bombas de agua
<p>NOTAS</p> <p>(1) Cargas (Loads): Son fuerzas y otras solicitaciones que actúan sobre el sistema estructural y provienen del peso de todos los elementos permanentes en la en la construcción, los ocupantes y sus pertenencias, efectos ambientales, asentamientos diferenciales y restricción de cambios dimensionales. Las cargas permanentes son cargas que varían muy poco en el tiempo y cuyas variaciones son pequeñas en magnitud. Todas las otras cargas son cargas variables.[45]</p>	

Fuente: Elaboración Propia

5.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS OPERATIVOS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

Luego de tener definidas las actividades que se desarrollan para llevar a cabo un proyecto de construcción de vivienda se debe identificar los riesgos operativos asociados a cada actividad, de manera que permita clasificarlos y medirlos según la probabilidad de ocurrencia y la magnitud del impacto que éstos puedan generar

al proyecto en cada una de sus etapas anteriormente descritas. Finalmente se construye el mapa de riesgos asociados a cada macroproceso y al total del proyecto de construcción de edificio de vivienda.

Para la identificación de los riesgos operativos se emplearon dos metodologías que permitieran elaborar el listado de las situaciones de riesgo, la primera metodología fue la aplicación de una lluvia de ideas, en donde se recogió la opinión de un grupo de expertos en temas de proyectos de construcción, posteriormente, se complementó la identificación con una entrevista con ingenieros que revisaron los riesgos iniciales y aportaron nuevas ideas para tener una identificación adecuada, en el desarrollo de esta etapa, también se realizó la clasificación de los riesgos, se definieron las causas y las consecuencias.

Tabla 7. Formato para la identificación del Riesgo Operativo

IDENTIFICACIÓN					
Consecutivo del Riesgo	Actividad	Descripción del riesgo	Clasificación del Riesgo	Causas	Efectos

Fuente: Elaboración Propia

En la etapa de medición, se utilizó una técnica semicuantitativa para priorizar las situaciones de riesgo, para ello se definieron escalas para la probabilidad de ocurrencia y la magnitud del impacto, posteriormente se combinaron dichas variables para obtener la criticidad o el nivel de cada uno de los riesgos, de la siguiente manera:

$$\text{Criticidad} = \text{Probabilidad} \times \text{Impacto}$$

Las escalas de probabilidad, impacto y criticidad se definieron de acuerdo a lo definido en la **Tabla 8**, adicionalmente, se registró la medición que se obtuvo por

medio de una lluvia de ideas con el grupo de expertos conformados por Ingenieros, Gerentes de proyectos, Comerciales que participaron en el ejercicio y que se registraron en el formato de la **Tabla 9**.

Tabla 8. Escalas de Probabilidad, impacto y criticidad

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA		MAGNITUD DEL IMPACTO	
Escala	Cuantitativo	Escala	Cuantitativo
Muy bajo	1	Insignificante	1
Bajo	2	Leve	2
Medio	3	Moderada	3
Alto	4	Grande	4
Muy alto	5	Catastrófico	5

CRITICIDAD			
NIVEL	Límite Inferior	Límite Superior	Escala
Nivel 1	1	2.25	Insignificante
Nivel 2	2.25	6.25	Leve
Nivel 3	6.25	12.25	Moderada
Nivel 4	12.25	20.25	Grande
Nivel 5	20.25	25	Catastrófico

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9. Formato para la medición del Riesgo Operativo

MEDICIÓN						
Consecutivo del Riesgo	Probabilidad de ocurrencia		Magnitud del impacto		Criticidad	
1	Bajo	2	Moderada	3	Nivel 2	6
2	Medio	3	Leve	2	Nivel 2	6
3	Bajo	2	Leve	2	Nivel 2	4

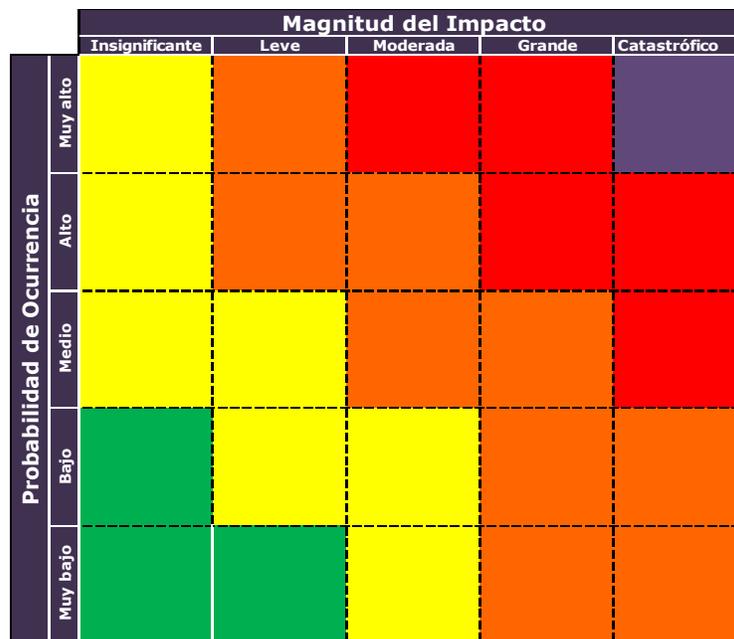
Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de la identificación y medición se plasmaron en un Mapa de Riesgo para cada uno de los macroprocesos analizados, el mapa de riesgo es una representación gráfica que permite visualizar cada riesgo de acuerdo con su calificación de la probabilidad e impacto, formando una matriz en dónde se visualiza las variables cualitativas y los colores representan el valor cuantitativo asignado para los cálculos de impacto. Ver tabla de valoración del impacto, adicionalmente, a partir de una serie de colores que identifican cada nivel de riesgo, las directivas podrán analizar los riesgos prioritarios y tomar medidas de gestión para su control. El mapa de riesgo definido para el proyecto de construcción se visualiza en la **Figura 4**

Tabla 10. Formato para la medición del Riesgo Operativo

VALORACIÓN DEL IMPACTO		
Escala	Cuantitativo	Color
Insignificante	1	
Leve	2	
Moderada	3	
Grande	4	
Catastrófico	5	

Figura 4. Mapa de Riesgo



Fuente: Elaboración Propia

En las siguientes secciones se presentan los resultados, que se pueden visualizar en los mapas de riesgos construidos para cada uno de los macroprocesos del proyecto de construcción.

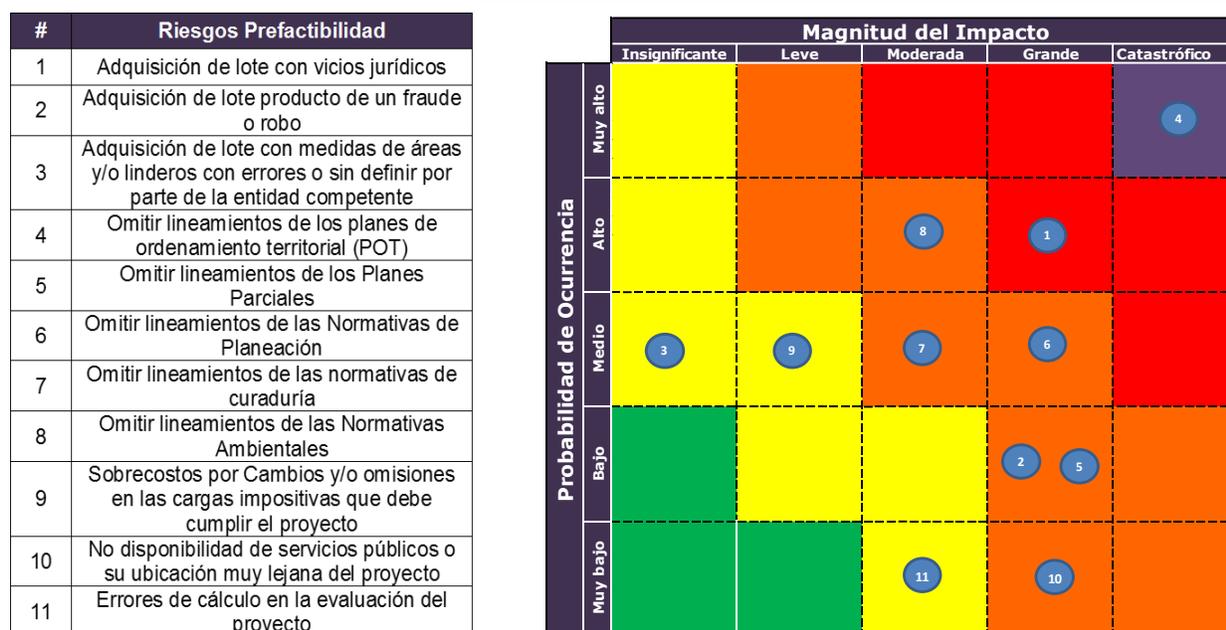
5.2.1. Mapa de riesgos operativos asociados al macroproceso de prefactibilidad

Se puede identificar claramente en el mapa de riesgos cómo los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) de los municipios en donde se considere desarrollar el proyecto de construcción de un edificio de vivienda son de gran importancia y deben seguirse con rigurosidad ya que en la investigación se encontró que su ocurrencia es alta y su impacto es catastrófico, hasta el punto de terminar la viabilidad de éste.

La experiencia de los profesionales encuestados sumado con la investigación en el estado del arte demuestran que empresas que quisieron pasar por encima de las normatividades y por encima del estado produjeron pérdidas enormes que llevaron no solamente al colapso del proyecto sino a la quiebra financiera de las empresas que los ejecutaban, es por esto, que en el mapa de procesos se refleja que las de mayor impacto y severidad se encuentra la omisión de normas y lineamientos de las entidades territoriales. Ver figura 5.

Figura 5. Mapa de Riesgo Prefactibilidad

MAPA DE RIESGO PREFACTIBILIDAD



Fuente: Elaboración Propia

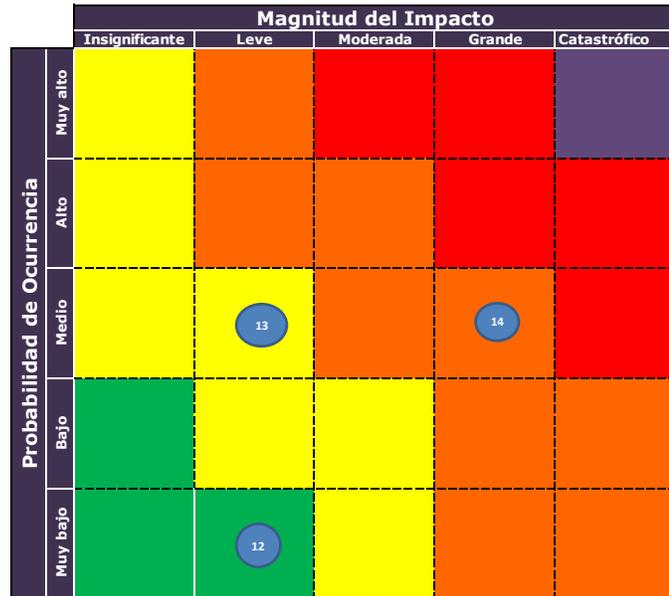
5.2.2. Mapa de riesgos operativos asociados al macroproceso de Mercadeo y Ventas

En la figura 6 se reafirma el análisis de que el cumplimiento de las normativas vigentes son pieza clave en el éxito de los proyectos y el hecho de no cumplirlas genera riesgos operativos de alto valor en caso de llegarse a materializar. La implementación de sistemas de administración del riesgo son una alternativa funcional y necesaria para que sean implementadas por las constructoras de edificios de vivienda.

Figura 6. Mapa de Riesgo Mercadeo y ventas

MAPA DE RIESGO MERCADEO Y VENTAS

#	Riesgos Mercadeo y Ventas
12	Hacer el estudio de mercado de manera errado o parcializado
13	No cumplir con el presupuesto y ritmo de ventas estructurado para el proyecto
14	No cumplir con las normas de la superintendencia de industria y comercio en relación con la publicidad



Fuente: Elaboración Propia

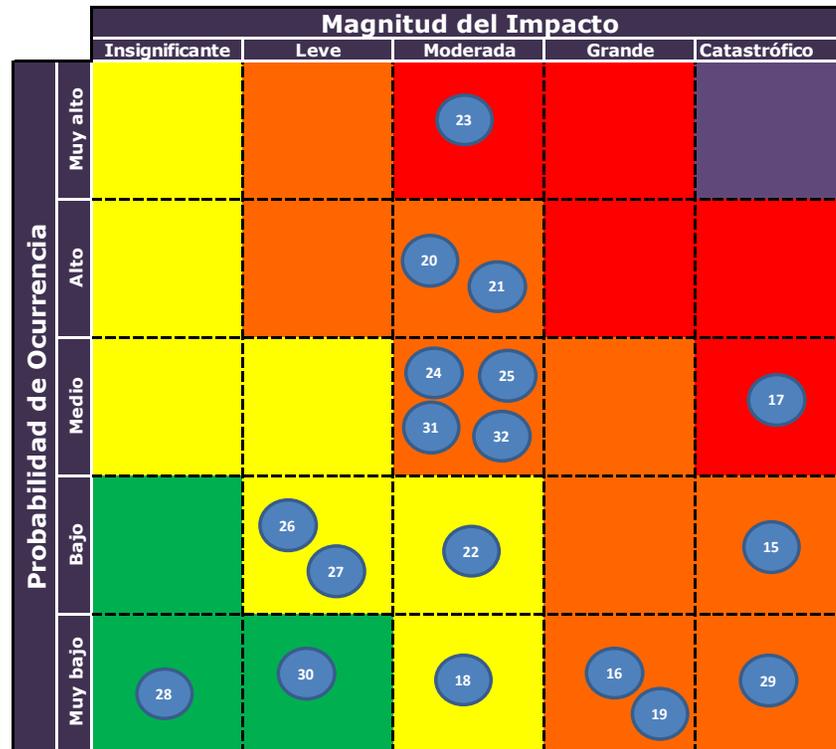
5.2.3. Mapa de riesgos operativos asociados al macroproceso de Indirectos de Construcción

Para los profesionales de la materia es muy relevante el relevo y la planeación fiscal al momento de la adquisición de los lotes, esto cobra sentido toda vez que los impuestos para las rentas líquidas como para las ganancias ocasionales tengan valores similares y altos los cuales los poseedores de tierras no estén dispuestos a asumir totalmente al momento de la venta y/o enajenación. Citado un ejemplo de la figura 7 en el tipo de riesgo del ítem 29 “no contar con pólizas de seguros para ejecutar la construcción” se ve que es muy poco probable que suceda, dado que, los proyectos deben ser financiados por la banca comercial y lo primero que ellos exigen son las pólizas de construcción,

Figura 7. Mapa de Riesgo Indirectos de Construcción

#	Riesgos en Procesos Indirectos de Construcción
15	Hacer un estudio geotécnico deficiente o interpretar mal los resultados
16	Hacer diseño arquitectónico deficiente o interpretar mal los resultados
17	Hacer diseño estructural deficiente o interpretar mal los resultados
18	Omitir el proceso de revisión de los diseños o hacer fraude
19	Omitir el proceso de contratación de supervisión técnica
20	No cumplimiento del presupuesto ni del cronograma de todo el proyecto
21	Mala elaboración del presupuesto y cronograma de obra
22	Errores en los levantamientos y re-planteo del edificio
23	Hacer mal los re-loteos y no hacer planeación fiscal con sus auto avalúos
24	No contar con licencia ambiental a tiempo
25	No contar con licencia de construcción a tiempo
26	Errores u omisiones en el diseño eléctrico
27	Errores u omisiones en el diseño hidrosanitario, Gas y RCI
28	Errores u omisiones en el diseño vías
29	No contar con pólizas de seguros para ejecutar la construcción
30	Desarrollar el proyecto sin fiducia de administración y pagos
31	Demoras en el registro del reglamento de propiedad horizontal
32	Demoras en los tramites de escrituración de cada apartamento

MAPA DE RIESGO INDIRECTOS DE CONSTRUCCIÓN



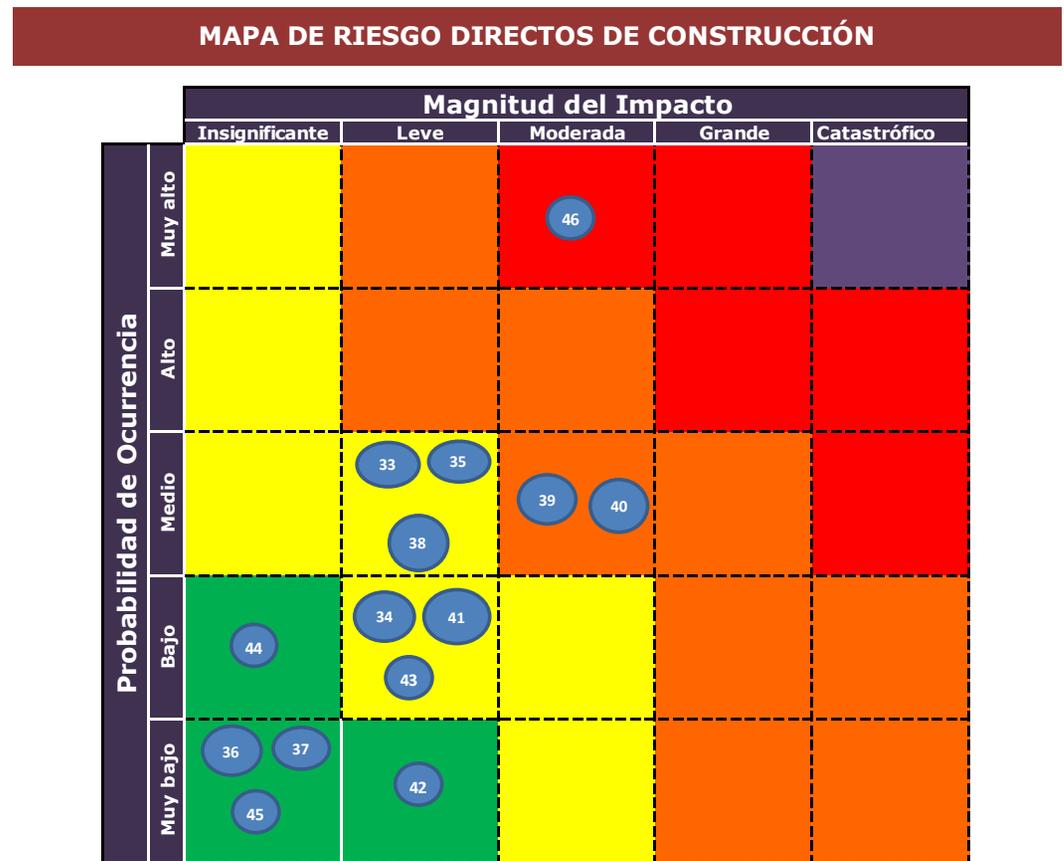
Fuente: Elaboración Propia

5.2.4. Mapa de riesgos operativos asociados al macroproceso de Directos de Construcción

Finalmente, durante el desarrollo de construcción cobra fuerza el riesgo de “accidentes laborales” por ser un sector vulnerable si no se toman todas las precauciones con los procesos de construcción. Para la medición y control de este tipo de riesgos se trabaja de la mano con las Aseguradoras de Riesgos Laborales (ARL) las cuales a través de la implementación de capacitaciones y auditorias se verifica el cumplimiento de normas y la gestión del riesgo en cada actividad de obra. Los demás tipos de riesgos son de menor impacto, ya que son controlables durante la ejecución del proyecto al igual que son de relación directa con la profesión del ingeniero civil. Ver figura 8

Figura 8. Mapa de Riesgo Indirectos de Construcción

#	Riesgo en Procesos Directos de Construcción
33	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Preliminares)
34	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Pilas)
35	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Excavaciones)
36	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Redes)
37	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Llenos y nivelación)
38	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Subestructura)
39	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Estructura)
40	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Rampa)
41	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Mampostería)
42	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Instalaciones Eléctricas)
43	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Instalaciones Hidrosanitaria y de gas)
44	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Acabados)
45	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Exteriores y zonas comunes)
46	Accidentes laborales



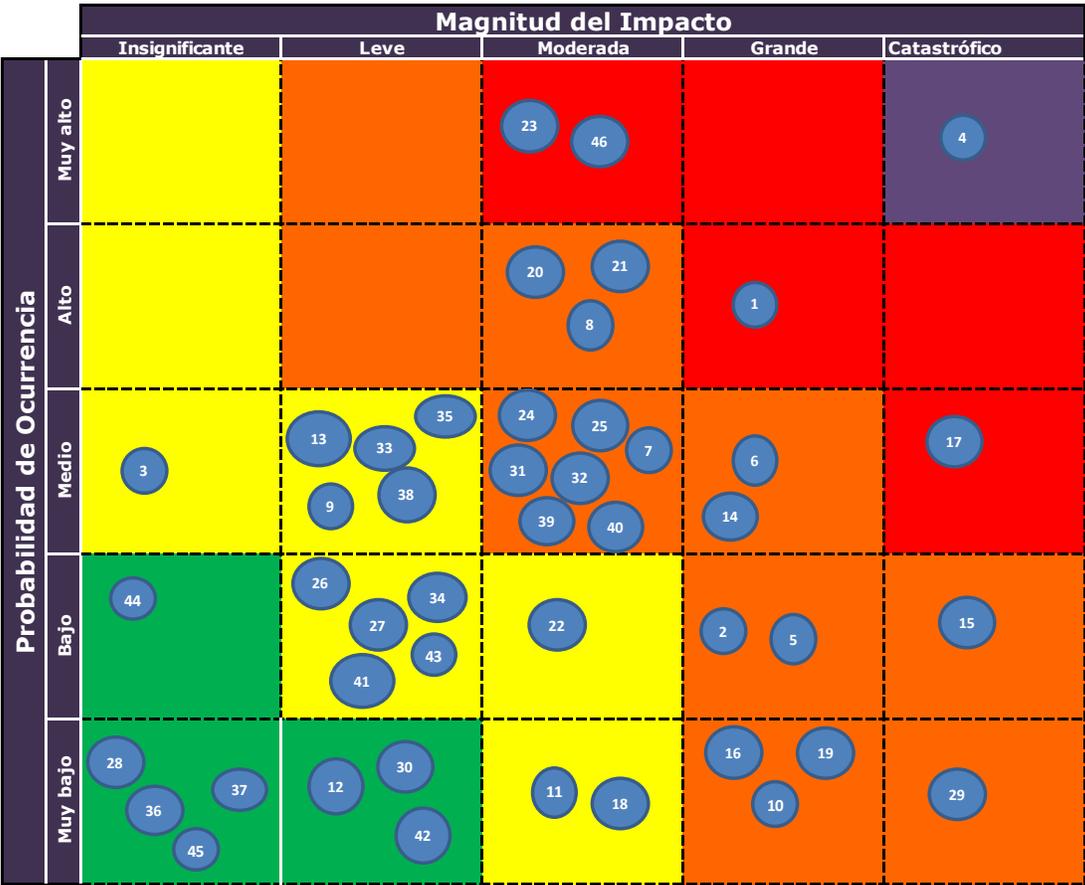
Fuente: Elaboración Propia

5.2.5. Mapa de riesgos operativos total asociados al proceso de construcción de un edificio de vivienda

En la **Figura 9**, se presenta el consolidado de los riesgos asociados con el proceso de construcción de un edificio de vivienda que permite identificar los riesgos más importantes que deben ser parte de la gestión mediante la definición de controles y estrategias de monitoreo, adicionalmente, estos riesgos más importantes, son los que tendrán el mayor impacto en los resultados financieros del proyecto, particularmente en el flujo de caja, dado que disminuirán su valor por la posible materialización de pérdidas asociadas con este tipo de riesgos y por lo tanto, podrá afectar el valor presente del proyecto y la viabilidad del mismo.

Figura 9. Mapa de Riesgo Proyecto de Construcción

MAPA DE RIESGO TOTAL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO DE VIVIENDA



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10. Riesgos en los Procesos de Construcción

Escala	#	Riesgo
Insignificante	12	Hacer el estudio de mercado de manera errado o parcializado
Insignificante	28	Errores u omisiones en el diseño vías
Insignificante	30	Desarrollar el proyecto sin fiducia de administración y pagos
Insignificante	36	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Redes)
Insignificante	37	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Llenos y nivelación)
Insignificante	42	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Instalaciones Eléctricas)
Insignificante	44	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Acabados)
Leve	3	Adquisición de lote con medidas de áreas y/o linderos con errores o sin definir por parte de la entidad competente
Leve	9	Sobrecostos por Cambios y/o omisiones en las cargas impositivas que debe cumplir el proyecto
Leve	11	Errores de cálculo en la evaluación del proyecto
Leve	13	No cumplir con el presupuesto y ritmo de ventas estructurado para el proyecto
Leve	18	Omitir el proceso de revisión de los diseños o hacer fraude
Leve	22	Errores en los levantamientos y replanteo del edificio
Leve	26	Errores u omisiones en el diseño eléctrico
Leve	27	Errores u omisiones en el diseño hidrosanitario, Gas y RCI
Leve	33	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Preliminares)
Leve	34	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Pilas)
Leve	35	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Excavaciones)
Leve	38	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Subestructura)
Leve	41	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Mampostería)
Leve	43	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Instalaciones Hidrosanitaria y de gas)

Moderada	2	Adquisición de lote producto de un fraude o robo
Moderada	5	Omitir lineamientos de los Planes Parciales
Moderada	6	Omitir lineamientos de las Normativas de Planeación
Moderada	7	Omitir lineamientos de las normativas de curaduría
Moderada	8	Omitir lineamientos de las Normativas Ambientales
Moderada	10	No disponibilidad de servicios públicos o su ubicación muy lejana del proyecto
Moderada	14	No cumplir con las normas de la superintendencia de industria y comercio en relación con la publicidad
Moderada	15	Hacer un estudio geotécnico deficiente o interpretar mal los resultados
Moderada	16	Hacer diseño arquitectónico deficiente o interpretar mal los resultados
Moderada	19	Omitir el proceso de contratación de supervisión técnica
Moderada	20	No cumplimiento del presupuesto ni del cronograma de todo el proyecto
Moderada	21	Mala elaboración del presupuesto y cronograma de obra
Moderada	24	No contar con licencia ambiental a tiempo
Moderada	25	No contar con licencia de construcción a tiempo
Moderada	29	No contar con pólizas de seguros para ejecutar la construcción
Moderada	31	Demoras en el registro del reglamento de propiedad horizontal
Moderada	32	Demoras en los tramites de escrituración de cada apartamento
Moderada	39	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Estructura)
Moderada	40	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Rampa)
Grande	1	Adquisición de lote con vicios jurídicos
Grande	17	Hacer diseño estructural deficiente o interpretar mal los resultados
Grande	23	Hacer mal los reloteos y no hacer planeación fiscal con sus auto avalúos
Grande	45	Incumplimiento en los diseños y/o Errores en los Procesos constructivos (Exteriores y zonas comunes)

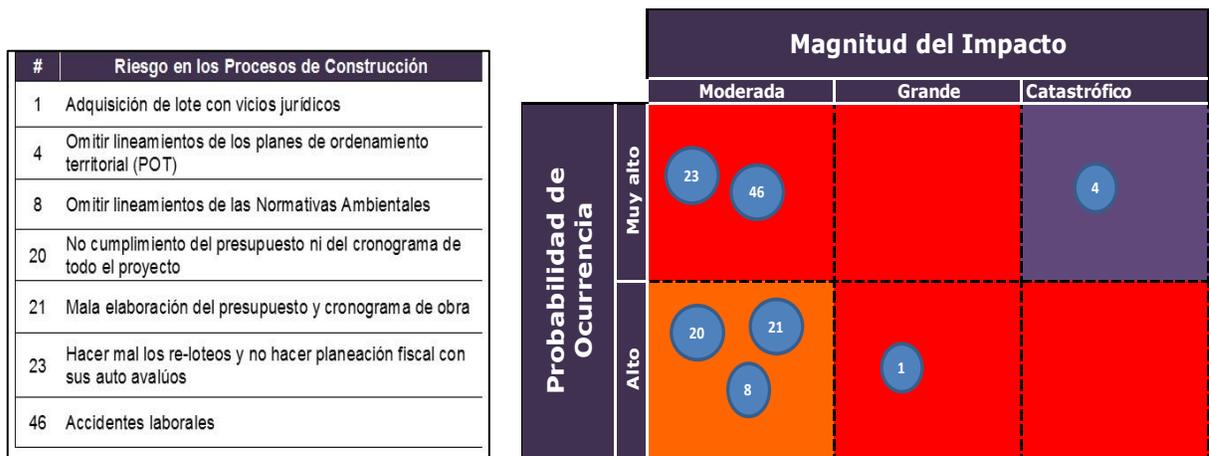
Grande	46	Accidentes laborales
Catastrófico	4	Omitir lineamientos de los planes de ordenamiento territorial (POT)

Fuente: Elaboración Propia

5.3. Metodología para cuantificar los riesgos operativos integrados a las variables de valoración de un proyecto de construcción

Luego de tener el mapa de riesgo operativo total de los procesos de construcción de un edificio de vivienda se evidencian los riesgos operativos de mayor impacto y mayor influencia pueden tener en el desarrollo del proyecto. Para la cuantificación se definen los riesgos que se encuentran ubicados en la esquina superior derecha del mapa de riesgo y que están clasificadas con probabilidad de ocurrencia Alto y Muy Alto y una magnitud del impacto Moderada, Grande y Catastrófico. Por lo tanto, los riesgos operativos identificados para la valoración son:

Figura 10. Riesgos Operativos más críticos



Fuente: Elaboración Propia

Para realizar la cuantificación de los riesgos operativos seleccionados que afectan el proyecto de construcción, se realiza el siguiente procedimiento:

En primer lugar, se establece cuál es la variable del flujo de caja del proyecto de construcción que se encuentra asociada con el riesgo identificado y analizado, por lo tanto, la materialización de este tipo de riesgo tendrá una afectación en dicha variable. De esta manera, el impacto del riesgo operativo estará definido por la siguiente expresión:

$$\text{Impacto} = \% \text{ Afectación} * \text{Variable Flujo Caja}$$

En la **Tabla 11**, se aprecian las variables que se definieron para cada uno de los riesgos identificados como críticos en los proyectos de construcción

Tabla 11. Afectación de los riesgos operativos en las variables de Flujo de Caja

Riesgo en Procesos de Construcción	Variable a impactar del FC
Adquisición de lote con vicios jurídicos	Valor del lote
Omitir lineamientos de los planes de ordenamiento territorial (POT)	Costo Directo
Omitir lineamientos de las Normativas Ambientales	Costo Directo
No cumplimiento del presupuesto ni del cronograma de todo el proyecto	Costos totales
Mala elaboración del presupuesto y cronograma de obra	Costos totales
Hacer mal los re-loteos y no hacer planeación fiscal con sus auto avalúos	Valor del lote
Accidentes laborales	Ventas

Fuente: Elaboración Propia

En segundo lugar, se establece una matriz de probabilidades para el horizonte de tiempo definido para el proyecto de construcción, el cual corresponde en esta

investigación al tiempo que dura la ejecución del proyecto desde los estudios de prefactibilidad hasta la entrega final de los apartamentos a los compradores. Luego para cada uno de éstos períodos (años) se establece la probabilidad de que se presente el riesgo, posteriormente, se determina una distribución de probabilidad que represente de manera adecuada el comportamiento de esta variable que determina el riesgo operativo. La característica de la frecuencia de los eventos de riesgo operativo es que es una variable aleatoria discreta que se pueden modelar con una distribución Poisson, dado que, para calcular la frecuencia el supuesto básico es ver el número de eventos como un punto en el proceso con una apropiada intensidad, que en su representación básica converge a un proceso Poisson. [47] La distribución Poisson es un experimento que cumpla las siguientes propiedades: el número de resultados que ocurran en un intervalo de tiempo es independiente al que ocurra en otro intervalo; la probabilidad de que ocurra un solo resultado en un intervalo de tiempo muy corto es proporcional a la longitud del intervalo y no depende del número de resultados que ocurran fuera de estas y que la probabilidad de que ocurra más de un resultado en tal intervalo de tiempo corto sea insignificante sigue una distribución Poisson [48] donde X representa el número de resultados que ocurren en un intervalo de tiempo dado t:

$$p(x; \lambda t) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^x}{x!} \quad x = 0, 1, \dots, n$$

Donde λ es el promedio de los resultados por unidad de tiempo

Los parámetros de esta distribución son:

$$\text{Media: } \mu = \lambda t \quad \text{Varianza } \sigma^2 = \lambda t$$

En la **Tabla 12**, se aprecia la matriz de probabilidades que se construyó mediante un ejercicio con un grupo de expertos de proyectos de construcción, en donde se determinó para cada riesgo en qué momento del horizonte de tiempo (año de ejecución del proyecto) se podría materializar el riesgo, considerando en cuál de los macroprocesos se identificó la situación de riesgo. De esta manera, estos valores

serán el parámetro para la distribución Poisson que permitirá modelar la frecuencia de los eventos de riesgo operativo.

Tabla 12. Matriz de Probabilidades

Matriz de Probabilidades							
Periodo	1	2	3	4	5	6	7
Adquisición de lote con vicios jurídicos	30%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Omitir lineamientos de los planes de ordenamiento territorial (POT)	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Omitir lineamientos de las Normativas Ambientales	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
No cumplimiento del presupuesto ni del cronograma de todo el proyecto	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
Mala elaboración del presupuesto y cronograma de obra	40%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Hacer mal los reloteos y no hacer planeación fiscal con sus auto avalúos	30.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Accidentes laborales	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%

Fuente: Elaboración Propia

El tercer paso, consiste en determinar una distribución de probabilidad que permita modelar el % de afectación del riesgo operativo que a su vez determinará el impacto de este riesgo en el proyecto de construcción. Los datos de riesgo operativo se caracterizan por tener altos valores en los coeficientes de asimetría y curtosis, reflejando presencia de datos atípicos conocidos como pérdidas inesperadas, adicionalmente una concentración de eventos a la izquierda, datos conocidos como las pérdidas esperadas, por lo tanto, es necesario utilizar una distribución que tenga

un sesgo importante a la derecha, en donde se podrá utilizar una distribución como la LogNormal.

Una distribución Lognormal se define de la siguiente manera: Se dice que una variable aleatoria no negativa tiene una distribución lognormal si la variable aleatoria $Y=\ln(X)$ tiene una distribución normal. La función de densidad resultante de una variable aleatoria lognormal cuando $\ln(X)$ esta normalmente distribuida con parámetros μ y σ es: [48]

$$f(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right]^2}$$

Esta distribución se recomienda utilizar en las siguientes situaciones:

- Se usa en situaciones donde los valores se sesgan positivamente.
- La variable incierta puede incrementarse sin límite, pero no puede caer por debajo de cero.
- La variable se sesga positivamente, pero la mayoría de los valores se encuentran cerca al límite inferior.

Considerando que el riesgo operativo cumple con las condiciones anteriores, se decide emplear esta distribución para modelar el % de afectación del riesgo y por lo tanto el impacto del riesgo operativo. En la **Tabla 13**, se aprecian los parámetros (Media y desviación estándar) definidos aleatoriamente para modelar cada uno de los riesgos.

Tabla 13. Parámetros definidos para la Distribución LogNormal para cada situación de riesgo operativo

Evento	Media (% de acuerdo a la variable seleccionada)	Desviación Estándar
--------	--	---------------------

Adquisición de lote con vicios jurídicos	10%	2%
Omitir lineamientos de los planes de ordenamiento territorial (POT)	12%	1%
Omitir lineamientos de las Normativas Ambientales	3%	0.5%
No cumplimiento del presupuesto ni del cronograma de todo el proyecto	3%	1%
Mala elaboración del presupuesto y cronograma de obra	2%	1%
Hacer mal los reloteos y no hacer planeación fiscal con sus auto avalúos	3%	0.5%
Accidentes laborales	0.50%	0.25%

Fuente: Elaboración Propia

Con el fin de determinar el impacto sobre los costos del proyecto en el caso probable que se materialicen los eventos definidos para la valoración, se construye la matriz de impacto probable que muestra los valores en millones de pesos que probablemente se vería afectado el flujo en cada año de ejecución del proyecto (periodo). Ver tabla 14.

Tabla 14. Ejemplo de la construcción de la matriz de Impacto Probable

Matriz de Impacto probable							
Periodo	1	2	3	4	5	6	7
Adquisición de lote con vicios jurídicos	\$ 581,862	\$ 97,067	\$ 97,067	\$ 97,067	\$ 97,067	\$ 97,067	\$ 97,067
Omitir lineamientos de los planes de ordenamiento territorial (POT)	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Omitir lineamientos de las Normativas Ambientales	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
No cumplimiento del presupuesto ni del cronograma de todo el proyecto	\$ 104,501	\$ 256,197	\$ 1,103,229	\$ 1,696,634	\$ 2,516,849	\$ 2,028,081	\$ 913,601

Mala elaboración del presupuesto y cronograma de obra	\$ 30,944	\$ 9,497	\$ 40,894	\$ 62,890	\$ 93,293	\$ 75,176	\$ 33,865
Hacer mal los reloteos y no hacer planeación fiscal con sus auto avalúos	\$ 174,556	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Accidentes laborales	\$ 320	\$ 2,933	\$ 4,797	\$ 5,472	\$ 14,984	\$ 16,869	\$ 8,522
TOTAL PROBABLE	\$ 892,182	\$ 365,693	\$ 1,245,986	\$ 1,862,062	\$ 2,722,193	\$ 2,217,192	\$ 1,053,054

Fuente: Elaboración Propia

El siguiente paso, para cuantificar el riesgo operativo es determinar la distribución de Pérdidas Agregadas para cada riesgo y para cada año definido en el horizonte de tiempo del proyecto de construcción.

Para determinar la distribución de pérdidas agregadas se debe tener en cuenta lo siguiente: [49]

Considere que el número de eventos N y las severidades X son variables aleatorias independientes, y que los eventos son independientes entre sí e idénticamente distribuidos; entonces el número total de pérdidas resultantes de la suma de un número N aleatorio de accidentes en los que en cada uno ocurren X eventos está dada por

$$S = \sum_{i=1}^N x_i$$

Mediante la ley de probabilidades totales se encuentra la función de distribución de pérdidas agregadas $F_S(s)$:

$$F_S(s) = P(S \leq s) = \sum_{n=0}^{\infty} f_N(n) F_S^{*n}(s)$$

Donde $F_S^{*n}(s)$ denota la n-ésima convolución de F_S .

De acuerdo a lo anterior, las pérdidas que generan el riesgo operativo para el proyecto de construcción en el tiempo t y para el riesgo j están dado por la siguiente expresión:

$$Riesgo_t = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{N(t)} x_i$$

Donde:

- t : Es el año en donde se calcula la pérdida por riesgo operativo, para $0 < t \leq \text{horizonte tiempo proyecto construcción}$
- n : Número de riesgos críticos definidos en el proyecto de construcción
- $N(t)$. Variable aleatoria que representa la probabilidad de cada riesgo crítico, variable modelada con la distribución Poisson
- x_i : Variable aleatoria que representa las pérdidas individuales de cada situación de riesgo crítica, variable modelada con la distribución LogNormal.

Posteriormente, se calcula el VPN de las pérdidas de riesgo operativo de cada uno de los años analizados en el proyecto de construcción de la siguiente manera:

$$VP_{Riesgo} = \sum_{t=1}^N \frac{Riesgo_t}{(1 + K_{e,t}^*)^t}$$

Donde:

- $Riesgo_t$ representa el Riesgo operativo cuantificado para el periodo t .
- $K_{e,t}^*$, valor del deflactor para el período t que se explica en el siguiente apartado y asociado con el costo del accionista, dado que la materialización del riesgo operativo tendrá un impacto directo en los dividendos que espera recibir el socio del proyecto.

Tabla 15. Ejemplo de la construcción del VPN de Riesgo

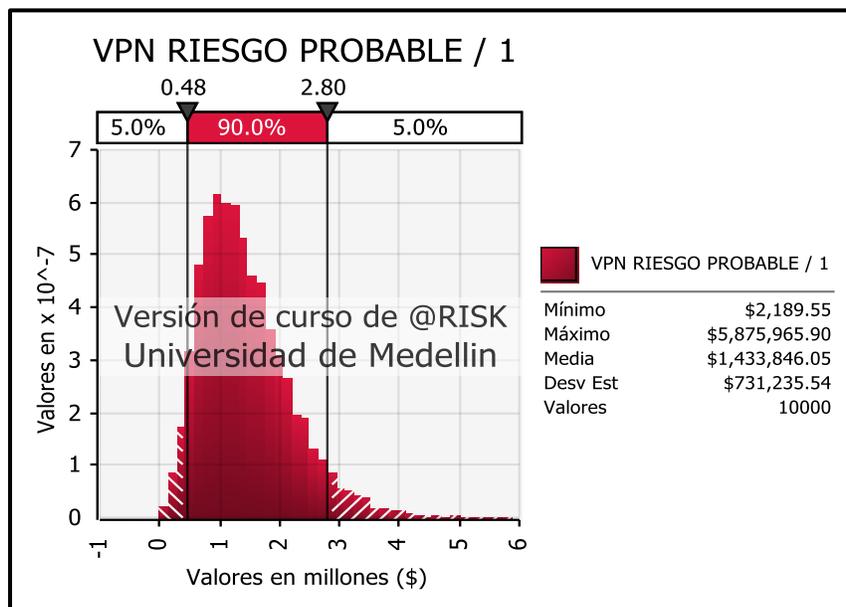
Periodo	1	2	3	4	5	6	7
----------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

(1+Ke)	2.019	1.835	1.594	1.412	1.367	1.234	1.165
Deflactor año t	2.019	3.707	5.913	8.354	11.422	14.096	16.435
VP Riesgo año t	\$ 441,711	\$ 98,641	\$ 210,717	\$ 222,868	\$ 238,314	\$ 157,290	\$ 64,072
VPN RIESGO PROBABLE	\$ 1,433,614						

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, con ayuda del software @Risk se realiza un proceso de simulación con 10.000 iteraciones que permita analizar diferentes escenarios de pérdida que se puedan presentar en cada uno de los años de horizonte de inversión y determinar el valor más probable y las pérdidas máximas (VaR operativo) para el valor presente de los riesgos más críticos de la construcción de viviendas. En la **Figura 11** y **Tabla 16** se presentan los resultados de la simulación del VPN del riesgo operativo.

Figura 11. Histograma de la simulación del VPN del riesgo operativo



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16. Resultados de la simulación del VPN del riesgo operativo

Concepto	Valor
Mínimo	\$ 2,190
Máximo	\$ 5,875,966
Media	\$ 1,433,846
90%	\$ 2,419,324
95%	\$ 2,802,539

Fuente: Elaboración Propia

Analizando los resultados de la **tabla 16**, se observa cómo el valor del proyecto cae significativamente en caso de no tener un Sistema de Administración de Riesgo Operativo (SARO) para todo el ciclo de construcción de un edificio. Con el objetivo de tener la capacidad de respuesta en caso de materializarse uno de los riesgos las empresas constructoras pueden adquirir pólizas que cubran el valor de la media del VPN del proyecto, de esta manera se mitiga la pérdida en caso de verse afectado por los riesgos operativos analizados. Adicionalmente, la máxima pérdida probable a valor presente que puede sufrir el proyecto de construcción por la materialización de los riesgos operativos a un nivel de confianza del 95% es de \$2,802,539, esta cifra puede servir de referencia para este tipo de proyecto para determinar provisiones que les permita hacer frente a las contingencias que se pueden presentar en el desarrollo de las obras de vivienda.

5.4. Modelo para simular la materialización del riesgo operativo de un proyecto de construcción en el flujo de caja

5.4.1. Estimación costo de capital de los recursos propios y valoración del proyecto de construcción

La valoración del proyecto se realizará con base en los flujos de caja del accionista o de los propietarios con el propósito de encontrar el valor presente neto al accionista. El flujo de caja al accionista considera tanto los ingresos y egresos operacionales como los ingresos y egresos no operacionales asociados con la financiación, particularmente los gastos financieros y los incrementos y pagos del capital de la deuda financiera. Para esto, los flujos de caja se descontarán utilizando el costo del patrimonio o costo de los recursos propios (K_e). El costo de los recursos propios se estimará a partir del modelo CAPM propuesto por Sharpe [50], pero ajustado para las condiciones de un inversionista no diversificado ubicado en un país emergente, partiendo de la teoría de Benchmark de betas o *bottom-up betas*, propuesta por Damodaran [51]. De acuerdo con esta metodología, y considerando que la estructura de capital para un proyecto inmobiliario es variable en el tiempo, el costo de capital propio se expresa como:

$$K_{e,t} = R_f + \beta_{l,t} * (R_m - R_f) + RP_{Col}$$

Donde $K_{e,t}$ es el costo del patrimonio o de los recursos propios para el año t , R_f , es la rentabilidad esperada de un activo libre de riesgo, para este caso, $\beta_{l,t}$ la beta apalancada para el año t de acuerdo con la estructura de capital esperada en dicho momento, esta representa el riesgo asociado con la actividad de la inversión y el riesgo asociado con el apalancamiento financiero y R_m , es la rentabilidad esperada del mercado, donde la diferencia $R_m - R_f$ representa la prima de mercado o *Equity Risk Premium (ERP)* por sus siglas en inglés. La Beta apalancada para cada periodo se expresa como:

$$\beta_{l,t} = \beta_u * (1 + (1 - T) D_t/E_t)$$

Donde β_u es la beta desapalancada del sector de ingeniería y construcción. Finalmente, dado que los flujos evaluados están en pesos colombianos y se parte de un modelo generalizado para un mercado que opera flujos en dólares de Estados Unidos, se aplicará una prima cambiaria para encontrar el costo de los recursos propios en pesos, de la siguiente manera:

$$K_{e,t}^* = (1 + K_{e,t}) * (1 + \text{Prima Cambiaria}) - 1$$

Donde $K_{e,t}^*$ representa el costo de los recursos propios en pesos colombianos. La prima cambiaria se obtiene a partir de la devaluación en condiciones de paridad cambiaria, asumiendo la inflación esperada como la inflación promedio de los últimos 10 años, tanto para el caso de Colombia como para el caso de Estados Unidos, y se calcula, así:

$$\text{Prima Cambiaria} = \frac{(1 + \text{Inflación Colombia}_{10\text{años}})}{(1 + \text{Inflación Estados Unidos}_{10\text{años}})} - 1$$

Con base en lo anterior en la **Tabla 17** se presentan los valores de las variables de entrada para proyectar el costo de los recursos propios por los años cinco años de análisis:

Tabla 17. Parámetros para la proyección del costo de los recursos propios

Concepto	Valor	Observación
Rendimiento esperado activo libre de riesgo	2.45%	Tasa de interés libre de riesgo (T-Bonds 10 años). Damodaran (2019).[52]
ERP (prima de mercado)	5.69%	Exceso de retorno del mercado sobre el activo libre de riesgo (S&P500 - US T-Bonds 10). Damodaran (2019).[52]
Beta desapalancada	0,68	Esta beta corresponde al sector de Ingeniería y Construcción de países emergentes (Emerging Engineering and Construction). Damodaran (2019)[52]
Prima riesgo país	3,13%	De acuerdo con Damodaran (2019)[52], asumiendo una calificación de riesgo país de Moody's equivalente a BAA2.

Prima cambiaria	2,77%	Se asume que la inflación esperada de Estados Unidos se ubicara alrededor de 1,69% y para Colombia de 4,17%, ambas calculadas como el promedio de los últimos 10 años.
-----------------	-------	--

Fuente: Elaboración propia

Con base en los resultados anteriores y la proyección del Balance Financiero de la situación de la Deuda con la que se financia el proyecto de construcción y el Balance del Patrimonio se proyecta el costo de los recursos:

Tabla 18. Proyección de los recursos

año	1	2	3	4	5	6	7
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
E	\$ 3,500,000	\$ 4,404,123	\$ 6,641,623	\$ 10,791,350	\$ 12,416,150	\$ 16,952,625	\$ 17,203,999
D	\$ 114,357,061	\$ 114,357,061	\$ 114,357,061	\$ 114,357,061	\$ 110,891,695	\$ 69,307,309	\$ 27,722,923
D/E	32.67	25.97	17.22	10.60	8.93	4.09	1.61
Rf	2.45%	2.45%	2.45%	2.45%	2.45%	2.45%	2.45%
ERP	5.96%	5.96%	5.96%	5.96%	5.96%	5.96%	5.96%
Beta U	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
Beta L	15.34	12.33	8.41	5.44	4.69	2.51	1.40
T	34%	34%	34%	34%	34%	34%	34%
RP	2.64%	2.64%	2.64%	2.64%	2.64%	2.64%	2.64%
Prima Cambiaria	2.77%	2.77%	2.77%	2.77%	2.77%	2.77%	2.77%
Ke/USD	96.54%	78.60%	55.20%	37.49%	33.03%	20.08%	13.45%
Ke/COP	102.0%	83.5%	59.5%	41.3%	36.7%	23.4%	16.6%
(1+Ke)	202.0%	183.5%	159.5%	141.3%	136.7%	123.4%	116.6%
Deflactor año t	2.020	3.707	5.913	8.355	11.423	14.096	16.436

Fuente: Elaboración propia

Para la valoración se estima el valor presente neto de los flujos del accionista, este valor se estima como se presenta a continuación:

$$VP_{Accionista} = \sum_{t=0}^N \frac{F.C_t}{(1 + K_{e,t}^*)^t}$$

Donde $F.C_t$ representa el Flujo de Caja al Accionista para el periodo t .

En la **Tabla 19**, se aprecia la construcción del flujo de caja considerando los diferentes conceptos de ingresos y de egresos asociados al proyecto; así como el resultado del VPN del accionista.

Tabla 19. Construcción del Flujo de Caja

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	ANUALIZADO						
	1	2	3	4	5	6	7
PERIODO	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
INGRESOS POR VENTAS							
C. INICIALES T1	1,278,772	11,736,707	19,194,383	18,981,246	12,737,192	-	-
SUBROGACIÓN T1	0	-	-	2,911,359	32,024,944	-	-
SUBROGACIÓN T2	0	-	-	-	15,190,331	21,266,463	-
SUBROGACIÓN T3	0	-	-	-	-	31,712,635	6,342,527
SUBROGACIÓN T4	0	-	-	-	-	13,239,258	26,478,516
VENTAS COMERCIO	0	-	-	-	-	1,276,110	1,276,110
CRÉDITO CONSTRUCTOR T1, T2, T3 y T4	0	-	25,860,609	42,639,620	37,903,181	7,953,651	-
APORTE ACCIONISTAS	3,500,000	-	-	-	-	-	-
INGRESOS	4,778,772	11,736,707	45,054,992	64,532,224	97,855,649	75,448,118	34,097,153
INGRESOS OPERACIONALES	1,278,772	11,736,707	19,194,383	21,892,604	59,952,468	67,494,467	34,097,153

EGRESOS (COSTOS)							
LOTE	2,977,647	6,000,000	5,000,000	4,000,000	1,430,543	0	0
CD. TOTAL CONSTRUCCION	0	0	26,784,531	43,630,230	38,649,893	8,772,802	0

DISEÑOS Y SEGUROS	20,000	159,617	826,275	330,328	308,900	671,649	0
EXPENSAS E IMPUESTOS	0	2,010,737	1,170,737	1,781,473	320,000	3,148,745	0
HONORARIOS	517,726	816,584	2,637,338	4,389,690	4,278,617	15,007,613	432,624
GASTOS ADMINISTRATIVOS	247,021	370,724	791,453	1,022,954	2,465,343	2,376,363	1,183,632
TOTAL OTROS GASTOS	112,256	141,545	1,107,175	1,182,073	1,176,181	529,876	0
GASTOS FINANCIEROS	0	0	2,587,759	3,105,310	3,105,310	3,105,310	1,035,103
PAGO DE CREDITO CONSTRUCTOR	0	-	-	3,465,366	41,584,386	41,584,386	27,722,924
APORTE ACCIONISTAS	0	-	-	-	-	-	3,500,000
PAGO DE CREDITO CONSTRUCTOR	0	0	0	3,465,366	41,584,386	41,584,386	31,222,924
TOTAL COSTOS	3,874,650	9,499,207	40,905,266	62,907,424	93,319,173	75,196,744	33,874,284
INGRESOS MENOS EGRESOS	904,123	2,237,500	4,149,727	1,624,801	4,536,475	251,374	222,870
FLUJO ACUMULADO	904,123	3,141,623	7,291,350	8,916,150	13,452,625	13,703,999	13,926,869
VPN DEL ACCIONISTA	2,375,958						

Fuente: Elaboración propia

5.4.2. Afectación del riesgo operativo en el flujo de caja del proyecto de construcción y resultados de la simulación

Una vez aplicado el método de valoración por flujos de caja descontados del proyecto se realiza en análisis con los impactos de los riesgos cuantificados en los flujos del proyecto, de esta manera se obtiene el VPN del proyecto afectado por el riesgo operativo. Este valor se obtiene de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$VP_{Accionista\ afectado\ riesgo} = VP_{Accionista} - VP_{Riesgo}$$

Reemplazando por las expresiones anteriores, entonces se obtiene:

$$VP_{Accionista\ afectado\ riesgo} = \sum_{t=0}^N \frac{F.C_t}{(1 + K_{e,t}^*)^t} - \sum_{t=1}^N \frac{Riesgo_t}{(1 + K_{e,t}^*)^t}$$

Finalmente, de acuerdo a los procedimientos establecidos en la modelación de los riesgos operativos, el VP del accionista afectado por el riesgo se puede definir de la siguiente manera general:

$$VP_{Accionista\ afectado\ riesgo} = \sum_{t=0}^N \frac{F.C_t}{(1 + K_{e,t}^*)^t} - \sum_{t=1}^N \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{N(t)} x_i}{(1 + K_{e,t}^*)^t}$$

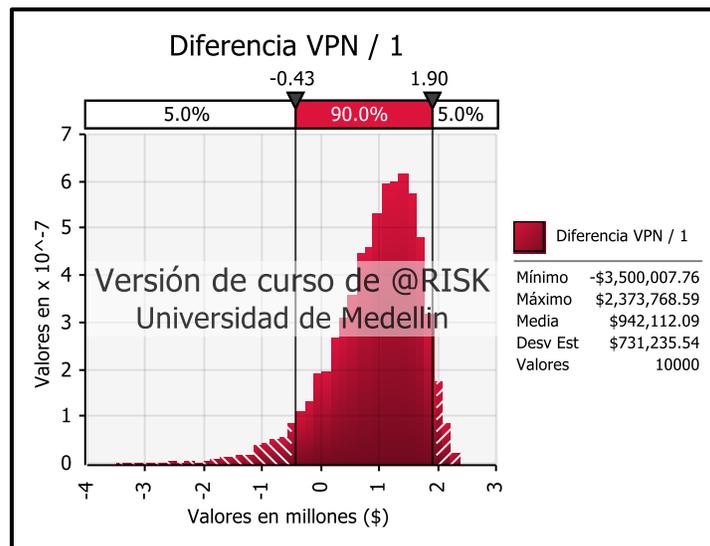
Donde:

- $F.C_t$ representa el Flujo de Caja al Accionista para el periodo t .
- $K_{e,t}^*$, valor del deflactor para el período t que se explica en el siguiente apartado y asociado con el costo del accionista, dado que la materialización del riesgo operativo tendrá un impacto directo en los dividendos que espera recibir el socio del proyecto.
- t : Es el año en donde se calcula la pérdida por riesgo operativo, $0 < t \leq \text{horizonte tiempo proyecto construcción}$
- n : Número de riesgos críticos definidos en el proyecto de construcción

- $N(t)$. Variable aleatoria que representa la probabilidad de cada riesgo crítico, variable modelada con la distribución Poisson
- x_i : Variable aleatoria que representa las pérdidas individuales de cada situación de riesgo crítica, variable modelada con la distribución LogNormal.

Finalmente, con ayuda del software @Risk se realiza un proceso de simulación con 10.000 iteraciones que permita analizar diferentes escenarios del VPN del proyecto de construcción afectado por los principales riesgos operativos. Este proceso de simulación permite determinar el valor más probable del proyecto y las pérdidas máximas para el valor presente de la construcción de viviendas. En la **Figura 12** y **Tabla 20** se presentan los resultados este proceso de simulación.

Figura 12. Histograma de la simulación del VPN del proyecto afectado por el riesgo operativo



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20. Resultados de la simulación del VPN del proyecto afectado por el riesgo operativo

Concepto	Valor
Mínimo	(\$ 3,500,008)

Máximo	\$ 2,373,769
Media	\$ 942,112
Percentil 5%	(\$ 427,534)
Percentil 10%	(\$ 43,717)
Percentil 90%	\$ 1,759,795
Percentil 95%	\$ 1,898,248

Fuente: Elaboración Propia

Analizando los resultados de la **Tabla 20**, se observa cómo el valor esperado del proyecto de construcción considerando la afectación del Riesgo Operativo es positivo (\$942,112), por lo tanto se espera que el proyecto le genere valor a los accionista a pesar de la materialización de este tipo de riesgo en la construcción de vivienda; sin embargo, en caso de la materialización de pérdidas inesperadas en los proyectos el VPN del mismo será negativo y por lo tanto destruirá valor a los accionistas que inviertan en el proyecto, lo anterior se puede apreciar en el cálculo del VaR del VPN afectado por las situaciones de riesgo que con un nivel de confianza del 95% se podrán tener pérdidas por un valor esperado de \$427.534. Esta situación demuestra la importancia que tiene la implementación de un adecuado Sistema de Administración de Riesgo Operativo (SARO) que permita no solo identificar este tipo de situaciones de riesgo sino que facilite la gestión de estos riesgos mediante la implementación de controles y mecanismos de seguimiento que permitan prevenir la materialización de los riesgos o tener las respuestas oportunas que lleven a disminuir el impacto de este tipo de situaciones de riesgo; asimismo, si el proyecto de construcción define mecanismos para provisionar este tipo de pérdidas extremas posibles o definir coberturas de seguros que les permitan transferir este riesgo lo llevará a disminuir la posible afectación del valor del proyecto y por lo tanto, volverlo más atractivo para el inversionista.

6. CONCLUSIONES

La administración de los riesgos operativo se convierten en una herramienta de gestión importante en los proyectos de construcción de vivienda dado que permite definir estrategias de prevención para que estos riesgos no se materialicen y afecten el rendimiento que los accionistas esperan obtener de estos proyectos; adicionalmente, considerando que el sector de la construcción es uno de los más relevantes para el crecimiento de la economía, una adecuada administración de los riesgos llevará una mayor confianzas de clientes, inversionistas, autoridades del gobierno, comunidad, que permitirá que siga creciendo este sector aportando al crecimiento general del país.

Con el ánimo de identificar los riesgos operativos vinculados a la construcción de un edificio de vivienda se decidió separar cuatro macroprocesos de construcción, estos son, macroproceso de prefactibilidad, macroproceso de mercadeo y ventas, macroproceso de indirectos de construcción y macroprocesos de directos de construcción. Es necesario detallar las diferentes actividades del proceso, dado que esta información se convierte en los insumos más relevantes para la identificación de los riesgos, complementados con las experiencias de las personas que ejecutan los procesos y hechos pasados que aportan a este ejercicio.

Los 46 riesgos identificados invitan a la creación de un Sistema de Administración del Riesgo Operativos (SARO) por proyecto de construcción para generar confianza al inversionista, al constructor, al comprador, a las entidades financieras que apuestan aportando recursos para la construcción del edificio y finalmente no menos importante garantizar a las fiducias la eficiente ejecución del proyecto, ya que, ellos como veedores del cumplimiento de las expectativas de los compradores necesitan herramientas como este trabajo de grado para la mejor administración de los riesgos operativos.

La metodología para cuantificar los riesgos se puede agrupar en cuatro pasos, aunque simples, requieren análisis y estadísticas producto de encuestas a

profesionales experimentados en la construcción de edificios de vivienda, estos pasos son: primero asociar cada riesgo a una variable del flujo de caja del proyecto, segundo crear matriz de probabilidades en el horizonte de tiempo del proyecto, tercero determinar la distribución de probabilidad que permita modelar la severidad y cuarto hallar la distribución de pérdidas agregadas.

Se obtiene el VPN del proyecto igual a \$2.375 millones y el VPN del proyecto con el probable riesgo igual a \$1.433 millones gracias al modelo construido y simulado en el software @Risk lo que permite evaluar la materialización de los riesgos operativos en las variables definidas en el flujo de caja del proyecto.

Para este proyecto de construcción, en particular, de un edificio de vivienda se recomienda desarrollar un SARO que permita monitorear los riesgos más críticos y generar estrategias de mitigación para garantizar la valoración del proyecto para los inversionistas, al igual que, garantizar el desarrollo del mismo y realizar la entrega eficiente de las viviendas a los futuros compradores. El estudio de los riesgos operativos en un proyecto de construcción arroja que desde la concepción del negocio se está corriendo uno de los más grandes e impactantes riesgos y es tan simple de mitigar como estudiar, analizar y respetar las normatividades municipales para el desarrollo del concepto de ciudad que se da a través de los Planes de Ordenamiento Territorial POT.

Se recomienda para estudios futuros, analizar la posibilidad de incluir en el análisis otros tipos de riesgos que pueden afectar los proyectos de construcción como puede ser los riesgos de tasa de interés, riesgo de tasa de cambio, riesgo de crédito, entre otros, de esta manera se puede proponer una gestión integral de los riesgos y analizar su afectación en los proyectos de construcción.

Los mapas de riesgo operativo son una alternativa eficiente para la identificación y control de los mismos, la investigación permite recomendar el modelo para el sector

de la construcción y para proyectos donde las variables del riesgo operativo tengan un comportamiento que cumpla con la hipótesis de:

- Valores se sesgan positivamente.
- La variable incierta puede incrementarse sin límite, pero no puede caer por debajo de cero.
- La variable se sesga positivamente, pero la mayoría de los valores se encuentran cerca al límite inferior.

Ya que se puede utilizar ecuaciones de distribución de tipo logNormal y Poisson, en casos diferentes de recomienda revisar el estado del arte para la escogencia de la distribución ideal para el tipo de proyecto a modelar.

Para los inversionistas y propietarios del sector de la construcción es fundamental analizar la TIR y el VPN del proyecto, ya que los resultados se obtienen en un tiempo finito y definido con alto grado de certeza desde la prefactibilidad, es por esto que se propone usar el método de flujos descontados para la valoración, se recomienda que para otros tipos de proyectos diferente a construcción se consideren otras opciones de valoración antes de tomar la decisión.

Este modelo es una herramienta útil al momento de presentar el proyecto a inversionistas o fuentes de financiación diferentes a la banca tradicional, ya que permite mostrar el impacto que pueden generar los diferentes riesgos operativos en la construcción, permitiendo finalmente llegar a una negociación adecuada del valor generado para el inversionista y encontrar valores variables de la TIR para el caso en que se administren adecuadamente los riesgo a través del SARO diseñado para el proyecto y que puede quedar pactado en la debida diligencia y el contrato de la inversión.

Finalmente queda la oportunidad para crear una aplicación que de manera virtual, al ingresar la variables del proyecto se modelo y se regrese al interesado un matriz

de riesgos que le permita tomar decisiones frente al SARO a utilizar en el proyecto a decidir si justifica desarrollar el proyecto o no.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] DANE, "Anexos_oferta_constantes_desestacionalizadas_III_2017," <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-trimestrales>, 2017.
- [2] DANE, "Boletín técnico construcción - IEAC II trimestre de 2017 Boletín técnico," http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/Bol_ieac_IItrim17.pdf, pp. 1–30, 2017.
- [3] Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, "DECRETO NÚMERO 1077 DE 2015," *Minist. VIVIENDA Ciudad Y Territ.*, p. 715, 2015.
- [4] Presidencia de la República, "Plan de impulso a la productividad y el empleo (PIPE)," *Present. Pres. la República*, no. 1, pp. 1–5, 2014.
- [5] Banco de la República, "CIRCULAR REGLAMENTARIA EXTERNA- DGPC - 271," *Circ. Reglam. EXTERNA- DGPC - 271*, p. 13, 2015.
- [6] RCN, "Estudio revela que Colombia tiene un déficit de 80.000 viviendas," <http://www.rcnradio.com/nacional/estudio-revela-colombia-deficit-80-000-viviendas/>, p. 1, 04-Aug-2017.
- [7] CAMACOL, "Informe Económico Junta Directiva Nacional - 548," NACIONAL, 2017.
- [8] Superintendencia de Sociedades, "Informes Constructoras Superintendencia de Sociedades_Oct 31 de 2017." p. 6, 2017.
- [9] Congreso de la República de Colombia, *Ley 1116 de 2006*, vol. 1116, no. 46. Colombia, 2006, pp. 40–42.
- [10] Portafolio, "Envían a la cárcel al expresidente de Conalvías, Andrés Jaramillo," <http://www.portafolio.co/economia/gobierno/andres-jaramillo-expresidente-de-conalvias-es-enviado-a-la-carcel-503181>, Bogotá, p. 1, 06-Feb-2017.
- [11] El Colombiano, "Las conclusiones de la Fiscalía en el caso Space," <http://www.elcolombiano.com/antioquia/las-conclusiones-de-la-fiscalia-en-el-caso-space-XH7393257>, Medellín, p. 1, 28-Sep-2017.
- [12] El Espectador, "Embargan predios donde se construye exclusivo proyecto en Medellín," <https://www.elespectador.com/embargan-predios-donde-se>

construye-exclusivo-proyecto-articulo-647129, Medellín, p. 1, 04-Aug-2016.

- [13] Revista Semana, “Constructora Carlos Collins entra en liquidación,” <http://www.semana.com/economia/articulo/constructora-carlos-collins-entra-en-liquidacion/513830>, Bogotá, p. 1, 30-Jan-2017.
- [14] J. C. V. CUÉLLAR, “La protección al consumidor inmobiliario, aspectos generales en el derecho colombiano,” *Revista de Derecho Privado, universidad externado de Colombia*, n.º 32, Bogotá, pp. 279–313, 2017.
- [15] J. Á. Cuesta Hernández and J. N. Mojica Morales, “Estudio Del Riesgo Operacional En El Sector Fiduciario , Un Enfoque Para Fiduciaria Bogota S . A .,” pp. 1–60, 2007.
- [16] L. M. Pinto Gaviria and A. Leyva Lemarie, “Administración del Riesgo Operacional Comité de Basilea sobre Supervisión Bancaria Administración del Riesgo Operacional,” *AD Minist. Univ. EAFIT*, vol. 12, pp. 89–106, 2008.
- [17] R. J. M. GARCÍA, “ANALISIS CUALITATIVO DE FACTORES DE RIESGOS FINANCIEROS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCION DE TIPO RESIDENCIAL EN LA CIUDAD DE CARTAGENA BAJO LA METODOLOGIA DEL PMI,” Universidad de Cartagena, 2013.
- [18] W. L. Vargas and C. L. S. Hernández, “Aspectos tributarios en la fiducia inmobiliaria y su incidencia en los proyectos de vivienda de interés social,” Universidad Jorge Tadeo Lozano Facultad, 2013.
- [19] C. Eduardo *et al.*, “SEGURO DECENAL R eflexión sobre el Seguro Decenal como oportunidad del mercado asegurador colombiano ante las necesidades del Sector Constructor * Insurance Market Challenges and opportunities in the Construction Industry Para Citar este artículo / To cit,” vol. 26, no. 46, pp. 189–212, 2017.
- [20] J. P. Rodríguez and R. Castro, “LA SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES INCLUYÓ NUEVOS SECTORES ECONÓMICOS COMO SUJETOS OBLIGADOS DEL RIESGO DE LAVADO DE ACTIVOS Y FINANCIACIÓN DEL TERRORISMO,” *Rics Manag.*, 2017.
- [21] A. O. F. PROFESOR, “ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD FINANCIERA PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE VIVIENDAS CON EL BONO DIFERIDO

EN LA ZONA DE CARTAGO, PARA LA EMPRESA J Y M DEL ESTE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIONES, DURANTE EL 2017,” 2017.

- [22] A. M. G. QUINTERO and N. F. ORTEGA, “EL USO DE LA FIDUCIA EN LA MITIGACIÓN DE RIESGOS CREDITICIOS DE LAS ENTIDADES FINANCIERAS COLOMBIANAS EN SUS COLOCACIONES EN BANCA COMERCIAL,” COLEGIO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ADMINISTRACIÓN MAESTRÍA, 2017.
- [23] F. L. Reyes, “SECTOR DE LA CONSTRUCCION EN COLOMBIA ANALYZE THE CAUSES OF LACK OF CULTURE OF INSURANCE AND ITS IMPACT ON THE CONSTRUCTION SECTOR IN,” 2016.
- [24] A. E. N. Bogota *et al.*, “Universidad militar nueva granada facultad de ingeniería especialización en gerencia integral de proyectos 10 de diciembre 2015,” 2015.
- [25] “Departamento de ciencias económicas administrativas y de comercio,” 2015.
- [26] V. S. Guzmán and C. F. R. G. G. B. Botía, “Ciclo de los Proyectos y costos de construcción,” *Décima Edición Tendencias de la Construcción Economía y Coyuntura Sectorial*, Bogotá, p. 52, 2017.
- [27] E. D. E. Un, R. D. E. Mariscos, E. N. La, C. D. E. Machala, A. Bravo, and D. Douglas, “Unidad Académica De Ciencias Empresariales Carrera De Contabilidad Y Auditoría,” 2016.
- [28] O. Issn, “Obras y proyectos Project Finance y Asociaciones Público-Privada para la provisión de servicios de infraestructura en Colombia,” 2014.
- [29] C. Londoño and D. León, “Afectación de la TIR por materialización de riesgos en proyectos de infraestructura vial,” UNIVERSIDAD EAFIT ESCUELA, 2015.
- [30] J. a. N. Mora and J. J. C. Gudiño, “Riesgo operativo: esquema de gestión y modelado del riesgo,” *Análisis Económico*, vol. 25, pp. 123–157, 2010.
- [31] Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, *Aplicación de Basilea II: aspectos prácticos*. 2004.
- [32] 2019 Aviso legal - Política de cookies - Accesibilidad - Ayuda - Contacto Real Academia Española and 4 - 28014 Madrid - Teléfono: (34) 91 420 14 78 Felipe IV, “Real Academia Española,” *ONLINE*, 2019. .

- [33] ICONTEC 5254, "NTC5254:2004 Gestion del Riesgo," *Gest. del Riesgo*, vol. 5254, p. 39, 2004.
- [34] ISO 31000, "ISO 31000:2009 Risk management - Principles and guidelines," *Risk Manag.*, vol. 31000, p. 24, 2009.
- [35] International Standards Organisation, "International Standard ISO31000:2018(E)," *Iso 31000*, vol. 31000, no. Second Edition, 2018.
- [36] Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission, *Public Exposure Enterprise Risk Management Aligning Risk with Strategy and Performance*. 2016.
- [37] Superintendencia Financiera de Colombia, *CIRCULAR EXTERNA 041 DE 2007*. 2007.
- [38] P. Fernandez, "Valoración de empresas por descuento de flujos: lo fundamental y las complicaciones innecesarias," pp. 1–13, 2012.
- [39] E. Ramírez and P. Ramírez, "Valor en riesgo: modelos econométricos contra metodologías tradicionales," *Análisis Económico*, vol. XXII, pp. 179–198, 2007.
- [40] Ministerio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, "TÍTULO H — Estudios geotécnicos," *NSR-10*, vol. TITULO H, p. 72, 1997.
- [41] Ministerio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, "TITULO A - Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente," *NSR-10*, vol. Titulo A, p. 186, 1997.
- [42] Ministerio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, "TITULO C - Concreto Estructural," *NSR-10*, vol. TITULO C, no. 47663, p. 444, 2010.
- [43] Ministerio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, "TITULO I - Supervisión técnica," *NSR-10*, vol. TITULO I, 2010.
- [44] Ministerio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, "TITULO J - Requisitos de protección contra incendios en edificaciones," *Minist. Ambient. vivienda y Desarro. Territ.*, vol. TITULO J, 2010.
- [45] Ministerio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, "TITULO B- Cargas," *NSR-10*, vol. TITULO B, pp. 530–827, 2010.
- [46] Ministerio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, "TITULO D -

Mampostería Estructural,” *NSR-10*, vol. TITULO D, p. 444, 2010.

- [47] M. Moscadelli, “The modelling of operational risk: experience with the analysis of the data collected by the Basel Committee,” 2004.
- [48] RONALD E. WALPOLE, RAYMOND H. MYERS and S. L. M. Y. K. YE, *Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias. Novena edición*. 2012.
- [49] J. G. M. G. DAVID ALBERTO BEDOYA LONDONO and M. A. A. S. LUIS FERNANDO MONTES GOMEZ, *Modelo de Gestión del Riesgo Operativo en Entidades Financieras*, Finanzas,. Medellín: Senal Editora Y Universidad De Medellin, 2017.
- [50] W. Sharpe, “Capital Asset Prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk.,” *J. Finance*, vol. 19, no. 3, pp. 425-442., 1964.
- [51] A. Damodaran, “Applied Corporate Finance. 3 ed., Wiley,” *Appl. Corp. Financ.*, vol. 2010, no. 3 ed., Wiley, p. 153.
- [52] A. Damodaran, “Implied Equity Risk Premium,” *En Linea*, 2019. [Online]. Available: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>.