

METODOLOGÍA VALORACIÓN Y SEGUIMIENTO DE RIESGOS EN CONTRATOS ESTATALES.

**Dirección General de Crédito Público y Tesoro Nacional
Subdirección de Riesgo**



Libertad y Orden

Ministerio de Hacienda y Crédito Público
República de Colombia



METODOLOGÍA VALORACIÓN Y SEGUIMIENTO DE RIESGOS EN CONTRATOS ESTATALES



Ministerio de Hacienda y Crédito Público
República de Colombia
Bogotá D.C., 2011

Ministerio de Hacienda y Crédito Público

República de Colombia

Colombia. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Dirección General de Crédito Público y Tesoro Nacional

Metodología "Valoración y Seguimiento de Riesgos en Contratos Estatales"— Bogotá: Ministerio, 2011 — 72 p. — ISBN: 978-958-9266-72-4

1 Pasivos contingentes

2 Valoración de pasivos

3 Contratos Estatales

4 Metodologías

5 Valoración de riesgos

6 Contratos Públicos

I Melo Hernández, Helber Alonso, Coord.

II Camacho Arenas, María Andrea

III Manrique Díaz, Luis Felipe

IV Núñez Trujillo, Carlos Alejandro

V Rodríguez Samacá, Sandra Lucero

CDD 20ed. 336.3046

CEP. Biblioteca "José María Del Castillo y Rada"

Edición: Diciembre de 2011

© Ministerio de Hacienda y Crédito Público

Derechos exclusivos de publicación y distribución

Carrera 8ª No.6-64 Bogotá – Colombia, Fax. (57 - 1) 381 1700

atención_usuario@minhacienda.gov.co; www.minhacienda.gov.co

Depósito legal efectuado de acuerdo con Ley 44 de 1993

Se permite la reproducción parcial del contenido de esta obra, siempre y cuando se cite la fuente.

Metodología "Valoración y Seguimiento de Riesgos en Contratos Estatales."

ISBN: 978-958-9266-72-4

Bogotá D.C., Noviembre de 2011.

Diseño e Impresión:

DIGITOS & DISEÑOS

Ministro de Hacienda y Crédito Público.
Juan Carlos Echeverry Garzón.

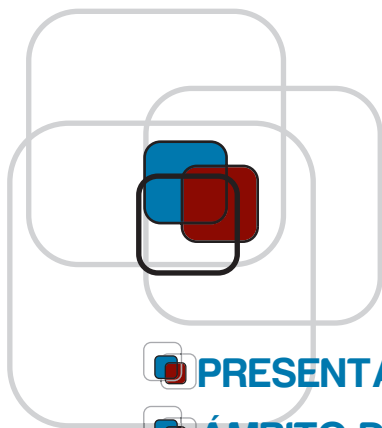
Viceministro General.
Germán Arce Zapata.

Viceministro Técnico.
Rodrigo Suescún Melo.

Secretaria General.
Diana Margarita Vivas Munar.

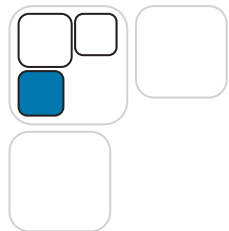
Dirección General de Crédito Público y Tesoro Nacional.
Subdirector de Riesgo.
Helber Alonso Melo Hernandez.

Equipo Técnico.
María Andrea Camacho Arenas - Consultor Externo
Luis Felipe Manrique Díaz - Consultor Externo
Carlos Alejandro Núñez Trujillo - Consultor Externo
Sandra Lucero Rodríguez Samacá - Asesor

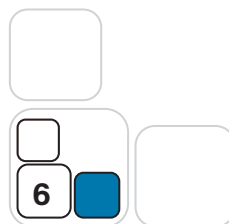


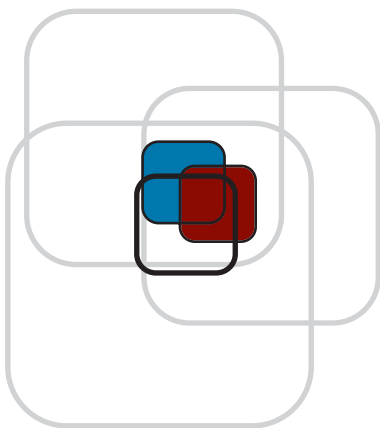
CONTENIDO

	PRESENTACIÓN	9
	ÁMBITO DE APLICACIÓN	11
	OBJETIVO GENERAL	12
	MARCO LEGAL	14
	ELEMENTOS, ETAPAS E INSTRUMENTOS DEL PROCESO DE GESTIÓN	18
	CONTEXTUALIZACIÓN	21
	IDENTIFICACIÓN	23
	EVALUACIÓN	31
	VALORACIÓN	37
	Modelos paramétricos	40
	Modelos de simulación	46



MITIGACIÓN	49
 BIBLIOGRAFÍA	53
 APÉNDICES	56
PRUEBAS DE NORMALIDAD	56
Test de Kolmogorov - Smirnov	58
Test de Shapiro - Wild	59
Test de Chi - Cuadrado	60
Test de Jarque - Bera	61
Test de Anderson - Darling	62
MÉTODO DE BOOTSTRAP	62
VALORACIÓN RIESGOS MEDIANTE DISTRIBUCIÓN	
CHI CUADRADO	63
FACTORIZACIÓN DE CHOLESKY	65
DESASTRES NATURALES	69





ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1

Ejemplo de la distribución de riesgos..... 30

Ilustración 2

Representación estática del impacto del riesgo vs. la
probabilidad de ocurrencia..... 35

Ilustración 3

Esquema general de modelaje 39

Ilustración 4

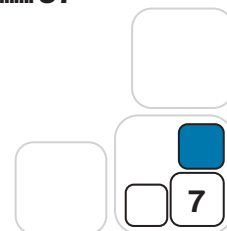
Secuencia para la determinación de sobrecostos..... 41

Ilustración 5

Representación gráfica del percentil P_{95} de una distribución
normal 43

Ilustración 6

Gráfico de Normalidad 57





ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1

Marco normativo gestión contractual.....14

Tabla 2

Marco normativo manejo de riesgo contractual.....17

Tabla 3

Documentos CONPES para la gestión de riesgos en
contratos estatales..... 18

Tabla 4

Definición de etapas e instrumentos del proceso de gestión
del riesgo contractual..... 19

Tabla 5

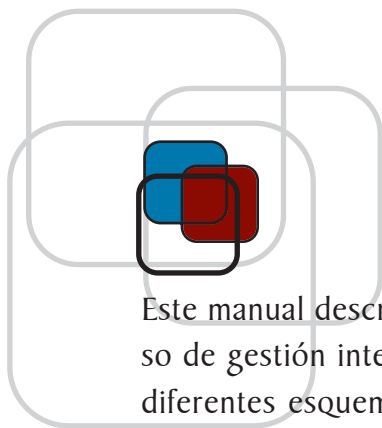
Definición de áreas de riesgo.....24

Tabla 6

Propuesta de evaluación cualitativa de los riesgos.....33

Tabla 7

Formato de identificación, tipificación, estimación y asignación
de riesgos contractuales.....50

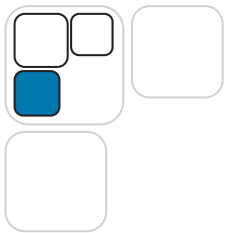


PRESENTACIÓN

Este manual describe algunos instrumentos que apuntan al desarrollo de un proceso de gestión integral del riesgo fiscal en el marco de la contratación pública. Los diferentes esquemas contractuales contienen riesgos que el Estado debe modelar y cuantificar adecuadamente, para evitar posibles desbalances en la planificación y uso de los recursos.

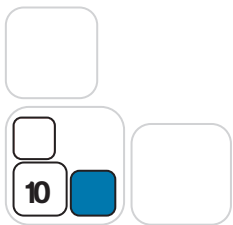
El esquema metodológico propuesto propende por la identificación, valoración, mitigación y seguimiento de los riesgos que puedan afectar los resultados esperados en los contratos desarrollados por las entidades estatales. En particular, se hace énfasis en los riesgos que generan impactos pecuniarios adversos para el Estado, es decir, aquellos que pueden generar una obligación contingente. Una exposición técnica de la modelación y cuantificación de distintos tipos de riesgos incluye algunos elementos de Probabilidad y Procesos Estocásticos, aspectos teóricos que se encuentran debidamente explicados en el presente documento.

En materia de política pública, el manual propone los lineamientos básicos que un proceso de gestión de riesgos y obligaciones contingentes debe tener, con el obje-



tivo que las Entidades Estatales adopten estrategias de planeación, control de sus finanzas y manejo de contingencias. La idea esencial es analizar los riesgos y en caso de ser necesario, establecer un plan de aportes al Fondo de Contingencias de las Entidades Estatales con el objeto de mitigar el riesgo fiscal.

En síntesis, se busca exponer los parámetros base para la implementación de metodologías de valoración del riesgo que permitan realizar una estimación del nivel de exposición y posibles obligaciones contingentes a cargo del Estado.





ÁMBITO DE APLICACIÓN

La gestión de riesgos hace parte integral de las buenas prácticas de contratación pública y está enmarcada en las directrices de disciplina y prudencia fiscal. En el marco legal, el Estado reconoce que por la ocurrencia de hechos futuros o inciertos, se pueden adquirir contractualmente obligaciones contingentes. Aquí vale la pena recordar que el riesgo fiscal es una función tanto de la proporción como de la recurrencia del impacto negativo (pérdida, sobrecosto, etc.) en virtud de la obligación reconocida. En este orden de ideas, la política de manejo de riesgos fiscales permite que dicha obligación contingente pueda eventualmente ser atendida mediante aportes al Fondo de Contingencias de Entidades Estatales.



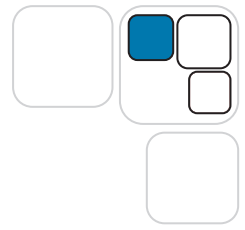
OBJETIVO GENERAL

El análisis dinámico de los riesgos a que está sujeto un proyecto tanto en su estructuración como en su evolución en el tiempo, redundará en una mejora permanente en el proceso de toma de decisiones y capacidad de gestión contractual. Un mejor uso de la información sobre riesgos, genera la posibilidad de evaluar sistemáticamente mediante herramientas técnicamente establecidas, las obligaciones contingentes que afectan al Estado y en el marco de la política que adelanta el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, permite definir estrategias de manejo acordes con las disposiciones legales.¹



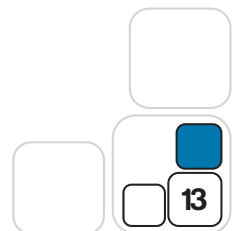
¹ Mediante la Ley 448 de 1998 y sus Decretos reglamentarios, el Estado colombiano adopta medidas en relación con el manejo de las obligaciones contingentes de las entidades estatales provenientes de garantías explícitas derivadas, entre otros, de contratos administrativos. De igual forma y con el objeto de garantizar la liquidez necesaria para cubrir eventualmente estos compromisos se crea el Fondo de Contingencias de las Entidades Estatales.

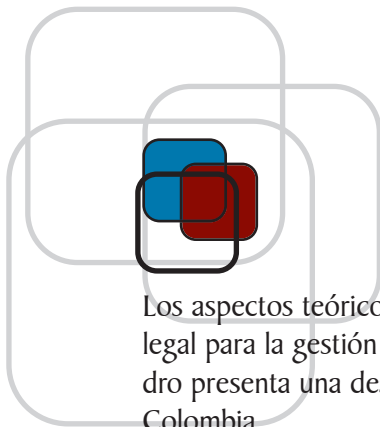




El objetivo general del manual metodológico es adoptar un procedimiento de identificación, medición, valoración y mitigación de obligaciones contingentes, como parte del proceso de gestión del riesgo en contratos estatales atendiendo a:

- Identificar los tipos de riesgo y/o factores de origen de las amenazas, sus posibles efectos para evaluar el riesgo fiscal.
- Categorizar y cualificar cada uno de los tipos de riesgo identificados, con lo cual se constituya un mapa de riesgos que defina la severidad y recurrencia de las contingencias.
- Incorporar la asignación contractual de los riesgos, redefiniendo el mapa para aquellos retenidos por el Estado.
- Determinar cuáles obligaciones contingentes se deben mitigar mediante la constitución de pasivos contingentes sujetos al régimen establecido por la Ley 448 de 1998.
- Modelar y cuantificar las obligaciones contingentes de acuerdo a su tipología.
- Obtener del análisis información y criterios que permitan retroalimentar el ciclo del proyecto o desarrollar estrategias de regulación y manejo tendientes a reducir el riesgo y la vulnerabilidad fiscal.





MARCO LEGAL

Los aspectos teóricos-conceptuales de este marco metodológico tienen soporte en el marco legal para la gestión contractual y de obligaciones contingentes de la Nación. El siguiente cuadro presenta una descripción de las principales normas que regulan la contratación pública en Colombia.

Tabla 1 Marco normativo gestión contractual

NORMAS QUE REGULAN LA GESTIÓN CONTRACTUAL

Constitución
Política de
Colombia 1991

Art. 209 De los principios que rigen la función administrativa, bien sea del Estado o a quien sea delegada.
Art. 267 De la gestión y control fiscal de la administración y de los particulares o entidades que manejen fondos o recursos de la Nación.

Código Civil

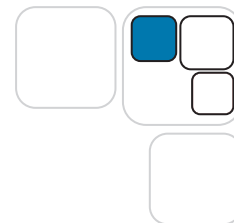
Normas sustantivas que determinan los derechos de los particulares, por razón del estado, de las personas, sus bienes, obligaciones, contratos y acciones civiles.

Código de Comercio

Normas sustantivas que regulan los asuntos mercantiles.

Código Contencioso
Administrativo

Normas sustantivas para el cumplimiento de funciones administrativas.



NORMAS QUE REGULAN LA GESTIÓN CONTRACTUAL

Ley 80 de 1993

Estatuto Orgánico de la Contratación Pública. Establece los principios y reglas que rigen los contratos de las Entidades Estatales.

Ley 489 de 1998

Regula la estructura del Estado Colombiano y el ejercicio de la función administrativa, define los principios y reglas básicas de la organización y funcionamiento de la Administración Pública.

Ley 1150 de 2007

Por medio de la cual se introducen medidas para la eficiencia y transparencia en la Ley 80 de 1993 y se dictan otras disposiciones generales sobre la contratación con recursos públicos.

Decreto 2474 de 2008

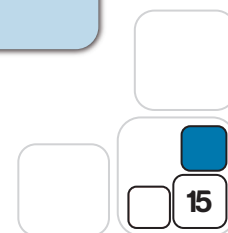
Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 80 de 1993 y la Ley 1150 de 2007 sobre las modalidades de selección, publicidad, selección objetiva y se dictan otras disposiciones.

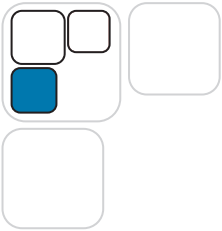
Decreto 3460 de 2008

Por el cual se establecen los parámetros para el otorgamiento del concepto previo favorable del Consejo Nacional de Política Económica y Social –CONPES- para la prórroga o adición a contratos de concesión de obra pública nacional.

Decreto 4828 de 2008

Por el cual se expide el régimen de garantías en la contratación de la administración pública.





NORMAS QUE REGULAN LA GESTIÓN CONTRACTUAL

Decreto 4881 de 2008

Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 1150 de 2007 en relación con la verificación de las condiciones de los proponentes y su acreditación para el Registro Único de Proponentes a cargo de las Cámaras de Comercio y se dictan otras disposiciones.

Decreto 485 de 2009

Por el cual se adiciona el Decreto 3620 de 2004 en relación con los integrantes de la Comisión Intersectorial de Contratación Pública.

Decreto 3806 de 2009

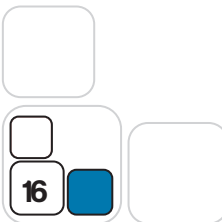
Por el cual se expiden disposiciones sobre la promoción del desarrollo de las Mipymes y de la industria nacional en la contratación pública.

Decreto 1430 de 2010

Por el cual se reglamenta parcialmente el Artículo 7 de la Ley 1150 de 2007, en materia de garantías para la celebración de contratos sobre tecnologías espaciales y se dictan otras disposiciones para la celebración de este tipo de contratos.

Decreto 4170 de 2011

Por el cual se crea la Agencia Nacional de Contratación Pública –Colombia Compra Eficiente- se determinan sus objetivos y estructura.



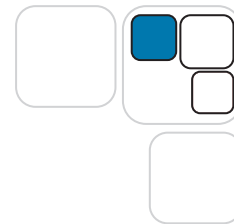
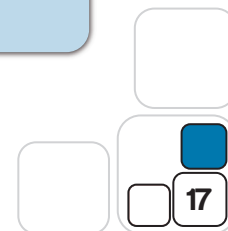
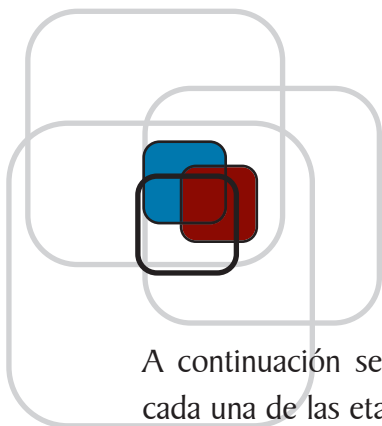


Tabla 2 Marco normativo manejo de riesgo contractual

MANEJO DEL RIESGO CONTRACTUAL DEL ESTADO	
Ley 185 de 1995	Establece en el Art. 22 que para efectos de la autorización de la apertura de procesos de licitación o concursos públicos o privados, de contratos de concesión y de aquellos que desarrollen esquemas de participación privada en proyectos de infraestructura y servicios públicos, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público podrá establecer requerimientos mínimos y procedimientos generales destinados a facilitar dichos procesos y asegurar que los términos financieros de los mismos sean convenientes para el país.
Ley 448 de 1998	En ella se adoptan medidas en relación con el manejo de las obligaciones contingentes de las entidades estatales y se dictan otras disposiciones en materia de endeudamiento público.
Decreto 423 de 2001	Reglamenta la Ley 448 de 1998 y el Art. 22 de la ley 185 de 1995. Decreta disposiciones del Régimen de las Obligaciones Contingentes de las Entidades Estatales, de la política de riesgo contractual del Estado, del fondo de contingencias contractuales de las Entidades Estatales, de la operación del fondo de contingencias, de la valoración de contingencias y de la responsabilidad por el incumplimiento del Régimen.
Ley 819 de 2003	Define la Responsabilidad y Transparencia Fiscal en el reconocimiento de obligaciones contingentes en contratos administrativos.





ELEMENTOS, ETAPAS E INSTRUMENTOS DEL PROCESO DE GESTIÓN

A continuación se describe el alcance e instrumentos para la toma de decisiones en cada una de las etapas en el proceso de gestión del riesgo contractual. El procedimiento dentro del cual se desarrolla e implementa cada herramienta tiene su sustento dentro del siguiente esquema:

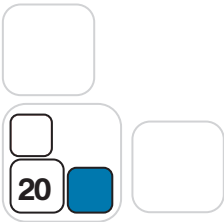
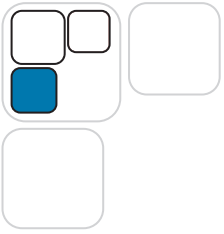
Tabla 3 Documentos CONPES para la gestión de riesgos en contratos estatales

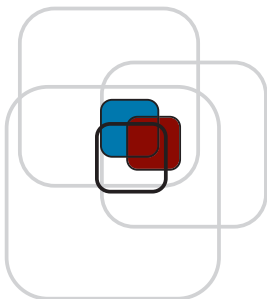
DOCUMENTOS CONPES	
3107 de 2001	Política de manejo de riesgo contractual del Estado para procesos de participación privada en infraestructura.
3133 de 2001	Modificaciones a la política de manejo de riesgo contractual del Estado para procesos de participación privada en infraestructura CONPES 3107.
3249 de 2003	Política de contratación pública para un Estado gerencial.



Tabla 4 Definición de etapas e instrumentos del proceso de gestión del riesgo contractual

ETAPA		ALCANCE	INSTRUMENTO PARA LA TOMA DE DECISIONES
I	CONTEXTUALIZACIÓN	Verificar el cumplimiento de las disposiciones básicas en la etapa de planeación y precontractual del proyecto que justifiquen la evaluación de los riesgos y obligaciones contingentes.	PARÁMETROS DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA CONTRATACIÓN
II	IDENTIFICACIÓN-PREASIGNACIÓN	Determinar cuáles son los factores de amenaza más importantes en la unidad de análisis.	MATRIZ O MAPA DE RIESGO
III	EVALUACIÓN - CUALIFICACIÓN	Valoración cualitativa y transferencia contractual de los riesgos.	MAPAS DE RIESGO
IV	VALORACIÓN	Estimar la probabilidad y el nivel de impacto de los riesgos que han sido cualificados y que por su materialidad requieran una valoración cuantitativa.	MODELOS PARAMÉTRICOS O DE SIMULACIÓN
V	MITIGACIÓN	Toma de decisiones frente al manejo óptimo de los riesgos.	PLIEGOS/ CONTRATOS/ FONDO DE PASIVOS

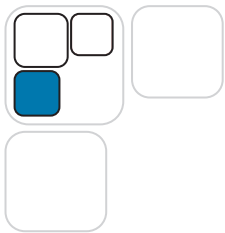




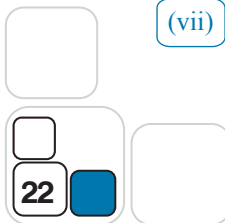
CONTEXTUALIZACIÓN

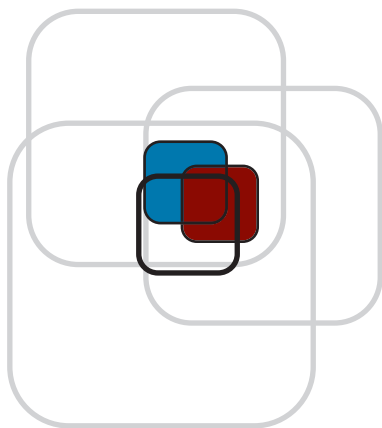
ETAPA		ALCANCE	INSTRUMENTO PARA LA TOMA DE DECISIONES
I	CONTEXTUALIZACIÓN	Verificar el cumplimiento de las disposiciones básicas en la etapa de planeación y precontractual del proyecto que justifiquen la evaluación de los riesgos y obligaciones contingentes.	PARÁMETROS DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA CONTRATACIÓN

El desarrollo de instrumentos para la gestión del riesgo contractual se justifica en la medida en que la administración pública contempla celebrar sus contratos cuando ha verificado con certeza dentro de la etapa de planeación y precontractual del proyecto, el cumplimiento de por lo menos los siguientes puntos:



- (i) La realización de los estudios previos necesarios para el contrato en particular (costos, demanda, ingeniería preliminar, etc.).
- (ii) El contrato a celebrar se ajusta a las necesidades de la entidad para el cumplimiento de la función pública que tiene encomendada, además de ser coherente con los objetivos y metas establecidos dentro de la misión institucional.
- (iii) Se permite la posible inclusión de algún antecedente adicional que pueda surgir de la complejidad del contrato particular o de la obra de ingeniería en cuestión.
- (iv) Dispone de los recursos suficientes para solventar las obligaciones exigibles y explícitas del contrato.
- (v) Cuenta con los estudios o apoyo técnico y jurídico de soporte requerido, para realizar el ejercicio de análisis de riesgo conforme lo indica el Art. 4 de la Ley 1150 de 2007.
- (vi) Existe una minuta en la cual queda consignado el reconocimiento y asignación de los riesgos.
- (vii) Tiene definido el esquema que implementará para hacerle seguimiento y control a la actividad del contratista.





IDENTIFICACIÓN

ETAPA	ALCANCE	INSTRUMENTO PARA LA TOMA DE DECISIONES
II	IDENTIFICACIÓN- PREASIGNACIÓN	Determinar cuáles son los factores de amenaza más importantes en la unidad de análisis.
		MATRIZ O MAPA DE RIESGO

En esta etapa se busca identificar las posibles causas y efectos de los factores de origen del riesgo o amenazas a que se encuentra expuesto el proyecto.

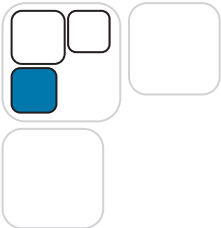
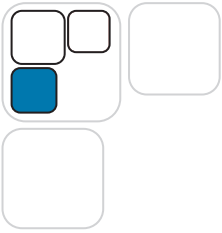


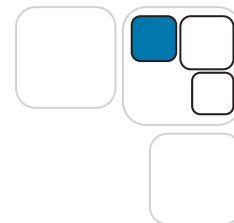
Tabla 5 Definición de áreas de riesgo

ÁREA DE RIESGO	CAUSAS (¿Por qué podría suceder? Posible origen)	EFFECTOS (¿Qué podría generar? Posible consecuencia)
Riesgos Económicos	Son aquellos que se derivan del comportamiento del mercado, tales como la fluctuación de los precios de los insumos, desabastecimiento y especulación de los mismos. Por ejemplo, es usual que en contratos que involucran la ejecución de actividades en cuya estructura se ha definido un marco cambiario, se identifiquen alteraciones por el comportamiento de la moneda o por circunstancias colaterales que imponen una incidencia crítica. Así mismo, en los contratos de suministro de bienes o prestación de servicios, donde no es posible llevar a cabo el objeto del contrato por desabastecimiento o especulación dentro del mercado propio de los insumos.	Ingresos o costos operativos difieren de los esperados.

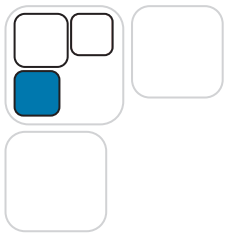
ÁREA DE RIESGO	CAUSAS (¿Por qué podría suceder? Posible origen)	EFFECTOS (¿Qué podría generar? Posible consecuencia)
Riesgos Sociales o Políticos	Son aquellos que se derivan por cambios de las políticas gubernamentales que sean probables y previsibles, tales como cambios en la situación política, sistema de gobierno y cambio en las condiciones sociales que tengan impacto en la ejecución del contrato. También suelen presentarse por fallas en la manera en que se relacionan entre sí, el Gobierno y la población, grupos de interés o la sociedad. Por ejemplo los paros, huelgas, actos terroristas, etc.	Ingresos o costos operativos difieren de los esperados.
Operación	Son aquellos riesgos asociados a la operatividad del contrato. Entre estos encontramos: la posibilidad que el monto de la inversión no sea el previsto para cumplir el objetivo del contrato, ya sea, porque, se requieren cantidades de insumos o bienes distintos a los pactados contractualmente o por la disponibilidad oportuna o gestión para la adquisición de dichos insumos o bienes. También se presenta la extensión del plazo, cuando los contratos se realizan en tiempos distintos a los inicialmente programados por circunstancias no imputables al contratista. Adicionalmente, se presenta por la posibilidad de no obtención del objetivo del contrato como consecuencia de la existencia de inadecuados procesos, procedimientos, sistemas de información y tecnológicos, equipos humanos o técnicos.	Sobrecostos para llevar a cabo el objeto contractual.



ÁREA DE RIESGO	CAUSAS (¿Por qué podría suceder? Posible origen)	EFECTOS (¿Qué podría generar? Posible consecuencia)
Financieros	Riesgo de consecución de la financiación y riesgo de condiciones financieras (plazos y tasas).	Incremento de los costos de financiamiento y reducción de los ingresos reales para honrar obligaciones.
Regulatorios	Cambios regulatorios, administrativos y legales que afectan significativamente los flujos del proyecto.	Afectación del flujo del proyecto.
Riesgos de la Naturaleza	Son los eventos causados por la naturaleza sin la intervención o voluntad del hombre, que aunque pueden ser previsibles están fuera del control de las partes (irresistibilidad).	Suspensión de las obligaciones estipuladas en el contrato, demoras y/o suspensión del contrato.



ÁREA DE RIESGO	CAUSAS (¿Por qué podría suceder? Posible origen)	EFFECTOS (¿Qué podría generar? Posible consecuencia)
Ambiental	Se refiere a las obligaciones que emanan de las licencias ambientales, de los planes de manejo ambiental, de las condiciones ambientales o ecológicas exigidas y de la evolución de las tasas retributivas y de uso del agua. Por ejemplo, cuando durante la ejecución del contrato se configuren pasivos ambientales causados por mala gestión de la licencia ambiental y/o el plan de manejo ambiental o el costo de las obligaciones ambientales resulte superior al estimado no siendo imputables a las partes.	Demoras en la ejecución del proyecto y/o sobrecostos que afectan el flujo del proyecto.
Tecnológico	Se refiere a eventuales fallos en las telecomunicaciones, suspensión de servicios públicos, advenimiento de nuevos desarrollos tecnológicos o estándares que deben ser tenidos en cuenta para la ejecución del contrato.	Cambios en las condiciones contractuales, exigencias técnicas, sobrecostos.



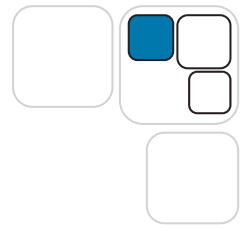
No obstante, esta lista no es necesariamente exhaustiva por dos razones:

- (i) La experiencia señala que en la medida en que se va adquiriendo experiencia o que los diseños contractuales evolucionan, aparecen nuevos riesgos, por lo que se sugiere realizar una revisión y actualización de la misma con una periodicidad anual.
- (ii) Por otra parte, hay proyectos con características particulares que podrían involucrar algunos riesgos que no están presentes en la generalidad de los proyectos.

Por otro lado, una transferencia suficiente de riesgos al privado es necesaria para asegurar eficiencia y valor por dinero (Value for Money). Para que la transferencia de riesgo sea lo más efectiva posible, el riesgo debe transferirse a la parte con mayor capacidad de manejarlo. De esta forma, el objetivo de esta etapa es separar los riesgos de acuerdo a las distintas fuentes que los generan. El proceso permite evaluar en aplicación de los lineamientos CONPES cuál de las partes está en mejor capacidad de prever y controlar el riesgo.

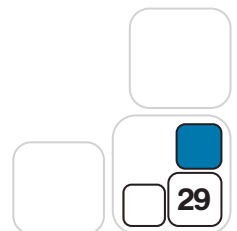
En este punto, es importante definir riesgos exógenos y endógenos. Los riesgos exógenos son aquellos que no se pueden controlar; mientras que sobre los

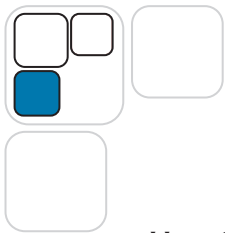




riesgos endógenos existe algún grado de control. Esta clasificación es relevante, porque se relaciona estrechamente con el proceso de asignación óptima de los riesgos. La eficiencia de un contrato depende de una transferencia suficiente de riesgos endógenos al sector privado. Análogamente, si el riesgo es exógeno, el gobierno no logra mejorar su gestión asignándolo al sector privado, en comparación con una situación donde el mismo gobierno lo asume. Esto se debe a que el agente privado generalmente requiere una prima por tomar este tipo de riesgos.

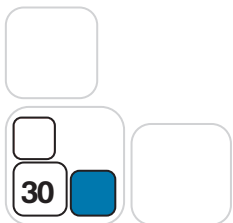
Cuando el riesgo es endógeno, el sector privado puede hacer algo para asegurar que el resultado observado se aproxime al esperado. Así mismo, en la literatura se ha planteado que el actor con mayor capacidad de manejar riesgos es aquel que más influencia tiene sobre la probabilidad de que se presente una ocurrencia adversa o aquel que mejor pueda lidiar con sus consecuencias. Por lo tanto, se debería asignar el riesgo a la parte que lo maneje al menor costo. En síntesis, si el costo de prevenir una ocurrencia adversa es menor que el costo de lidiar con sus consecuencias (o viceversa), el riesgo debe asignarse a quien sea más capaz de influenciar la probabilidad de ocurrencia (o lidiar con sus consecuencias, en caso de que la situación sea la contraria).

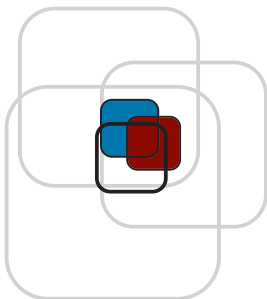




Un ejemplo ilustrativo de las posibles distribuciones del riesgo se presenta a continuación:

Ilustración I Ejemplo de la distribución de riesgos

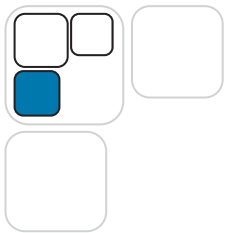




EVALUACIÓN

ETAPA		ALCANCE	INSTRUMENTO PARA LA TOMA DE DECISIONES
III	EVALUACIÓN - CUALIFICACIÓN	Valoración cualitativa y transferencia contractual de los riesgos.	MAPAS DE RIESGO Y CONTRATO

El análisis busca evaluar la materialidad de los riesgos, para ello se realiza una evaluación de aquellos factores que afectan las consecuencias (impacto) y por otro la probabilidad de ocurrencia en escenarios en los que no existen medidas de control frente a ellos. La etapa de evaluación se debe circunscribir a los riesgos que involucren potenciales desembolsos fiscales. Para estimar el impacto y probabilidad de ocurrencia



de un evento que afecte de manera adversa y representativa el contrato, es posible considerar fuentes de información como:



Registros anteriores.



Experiencia relevante.



Prácticas y experiencia de la industria o del sector.



Publicaciones o noticias relevantes.

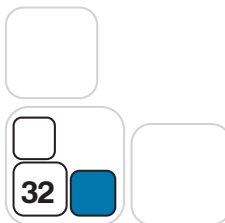


Opiniones y juicios de especialistas y expertos.



Estudios técnicos.

La propuesta en esta etapa es trabajar los riesgos de manera cualitativa, mediante rangos que permitan hacer una calificación del riesgo por distintos niveles:



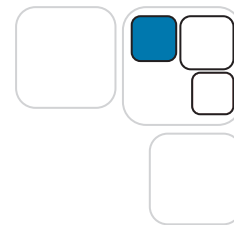
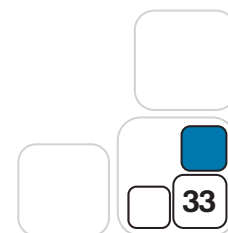
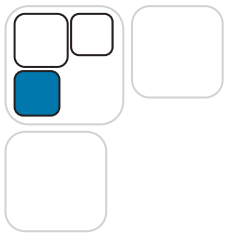


Tabla 6 Propuesta de evaluación cualitativa de los riesgos

	Escala									
	PROBABILIDAD					IMPACTO (\$)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Económicos										
Sociales										
Operación										
Financieros										
Tecnológico										
Regulatorios										
Ambiental										
	BAJO		MEDIO		ALTO		BAJO		MEDIO	





De acuerdo con la cualificación realizada se puede caracterizar cada riesgo de acuerdo con la probabilidad de ocurrencia (alta, media, baja) y el impacto potencial (alto, medio, bajo).

Una evaluación exhaustiva de los riesgos involucra comparar el nivel de riesgo detectado durante el proceso de análisis con criterios de riesgo establecidos previamente. El producto de una evaluación de riesgo es una lista de riesgos con prioridades para una acción posterior.

Cabe resaltar que la evaluación cualitativa involucra la comparación de una percepción subjetiva del riesgo contra criterios cualitativos, y la evaluación cuantitativa involucra la comparación de un nivel numérico de riesgo contra criterios más objetivos que pueden ser expresados como un número específico, tal como, un valor de fatalidad, frecuencia o monetario.

Con el objeto de complementar las herramientas que permitan mejorar el uso y la presentación de información que sobre riesgos se genera, y a partir de los resultados obtenidos de la matriz de análisis de riesgo descrita anteriormente, se propone la construcción de un mapa de riesgo que defina un espacio en el cual se pueda observar el efecto combinado entre la probabilidad de ocurrencia de una falla o amenaza y sus consecuencias o impacto potencial en un contexto determinado. Bajo este contexto, es posible obtener el siguiente esquema:



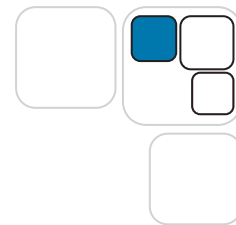
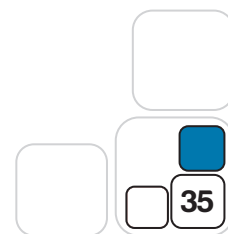
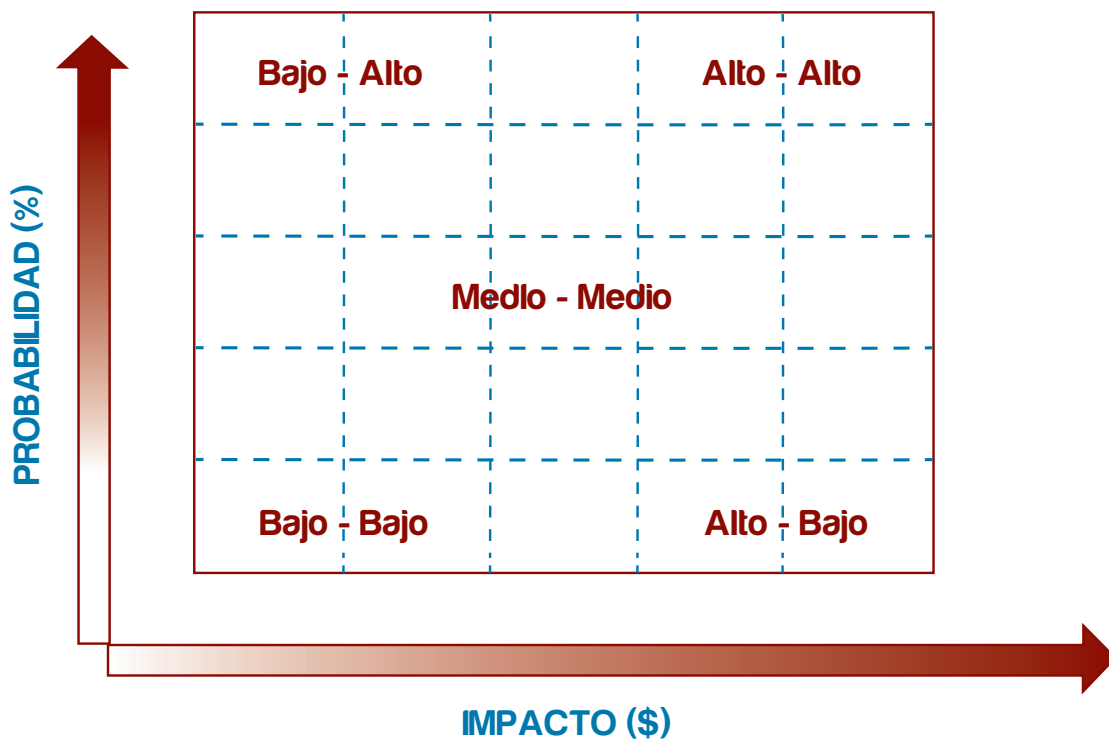
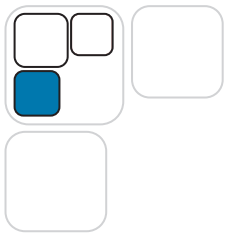


Ilustración 2 Representación estática del impacto del riesgo vs. La probabilidad de ocurrencia

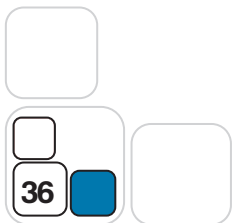


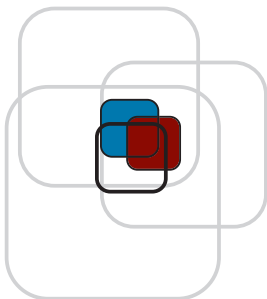


A partir de la etapa de evaluación, es posible dar dimensión o medir el riesgo y determinar cuál es el método de administración o gestión que debe implementarse. Tanto la construcción de la matriz de análisis como de los mapas de riesgo permiten concentrar el estudio en las condiciones de amenaza a las cuales se enfrenta el proyecto.

En este sentido, no solo resulta necesario la aplicación de instrumentos a través de los cuales se realice una evaluación y seguimiento de los riesgos, sino también, es indispensable la construcción de indicadores que faciliten la comprensión del problema dada la capacidad de gestión institucional frente a las amenazas que se presentan. De esta forma, es posible definir cuáles deben ser los mecanismos de tipo contractual a implementar y que además, permitan determinar la efectividad y eficiencia de las medidas de intervención en la gestión del riesgo.

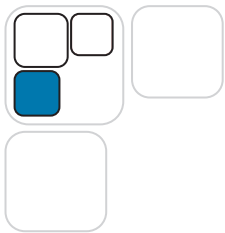
Por último, el Estado debe considerar las estrategias de mitigación que permitan no sólo reducir el riesgo fiscal, sino otorgar mayor certidumbre a la ecuación contractual, reduciendo el costo implícito de la valoración de riesgos por parte del privado y por esta vía, mejorar el Value for Money.





VALORACIÓN

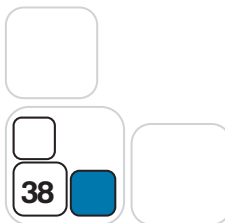
ETAPA		ALCANCE	INSTRUMENTO PARA LA TOMA DE DECISIONES
IV	VALORACIÓN	Estimar la probabilidad y el nivel de impacto de los riesgos que han sido cualificados y que por su materialidad requieran una valoración cuantitativa.	MODELOS PARAMÉTRICOS O DE SIMULACIÓN

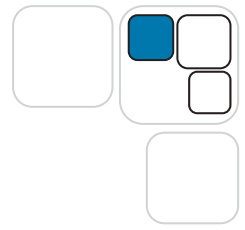


La valoración es la etapa más técnica del proceso de análisis de riesgos. El procedimiento general de modelación es el siguiente:

- (i) Plantear los objetivos del modelo, los cuales pueden ser, por ejemplo, la estimación de los pagos probables o la estimación de la distribución de probabilidad de los pagos.
- (ii) Identificar las cláusulas contractuales que generan los pagos.
- (iii) Identificar el factor que genera el riesgo.
- (iv) Escoger un modelo paramétrico o de simulación para representar el factor de riesgo.
- (v) Valorar el contingente de acuerdo al modelo de representación del factor de riesgo y obtener los resultados.

Las técnicas de modelaje presentadas en este documento se pueden clasificar de acuerdo a la evidencia empírica sobre la distribución de la variable aleatoria que genera el riesgo.

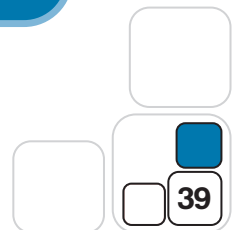
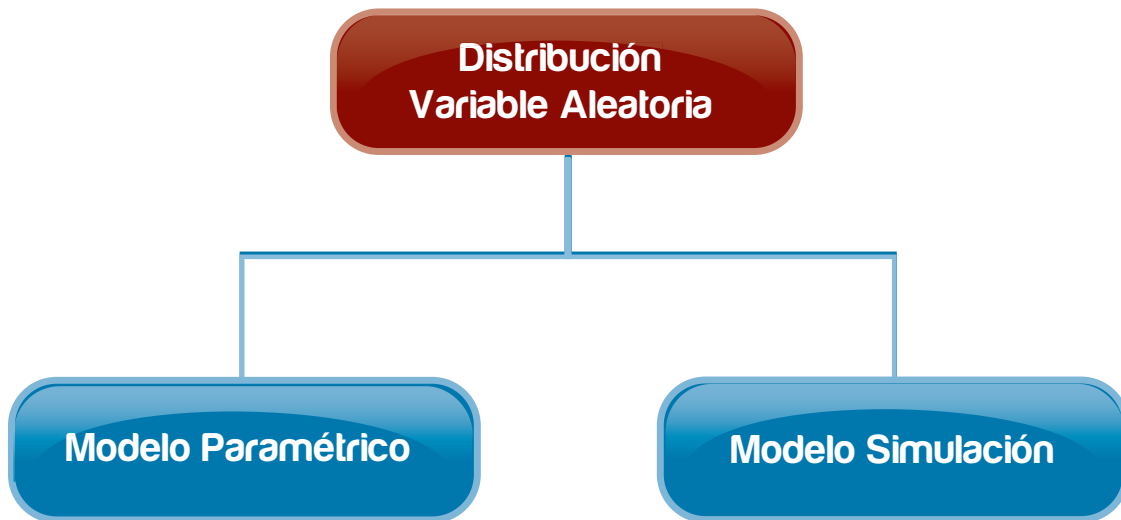


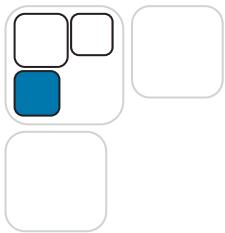


En general, los modelos propuestos se dividen en dos: modelos paramétricos y modelos de simulación.

Un esquema general de las técnicas de modelaje se presenta a continuación:

Ilustración 3 Esquema general de modelaje





Si se puede estimar una distribución confiable de la variable de riesgo, por medio de parámetros estadísticos simples (e.g. media y volatilidad) entonces, se podría usar un modelo paramétrico. Por otro lado, cuando la distribución depende del tiempo, es necesario realizar un modelo de simulación para cuantificar la contingencia.²

Modelos paramétricos³

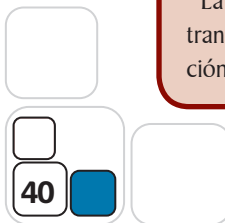
Los modelos paramétricos se aplican generalmente a los riesgos por sobrecostos. En este caso, los riesgos se presentan en etapas particulares del contrato y pueden ser valorados a partir de distribuciones sencillas y parámetros conocidos (como la media y la desviación estándar). Por simplicidad, la distribución de referencia es la normal $N(\sigma, \mu^2)$ dada su versatilidad y propiedades deseables.⁴



² Adicionalmente, cuando se conocen las distribuciones individuales pero no se conoce la distribución resultante, es necesario realizar simulaciones de Montecarlo.

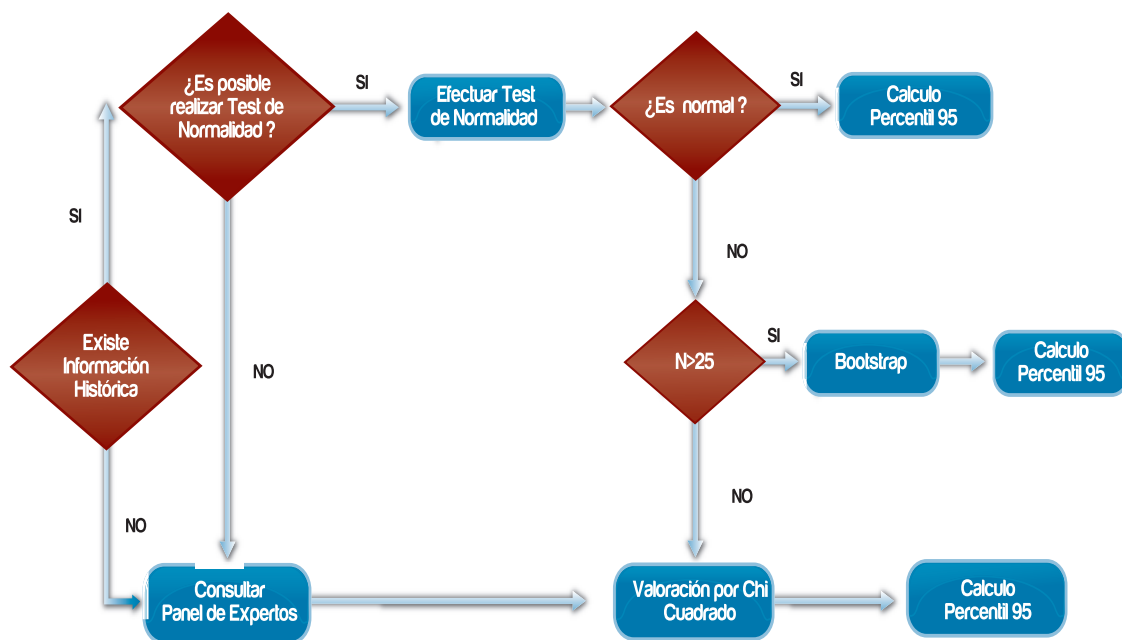
³ Para la valoración de riesgos por desastres naturales, remítase al Apéndice 5.5.

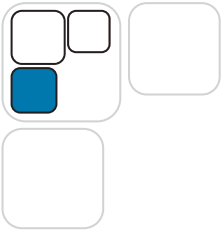
⁴ La distribución normal se define completamente con solo dos parámetros (media, volatilidad) y cualquier transformación afín $Y = AX + B$ de una normal o suma de normales también da como resultado una distribución normal.



En la siguiente figura se presenta la secuencia a seguir para la valoración del riesgo por sobrecostos:

Ilustración 4 Secuencia para la determinación de sobrecostos



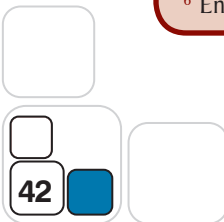


De acuerdo a la figura, en caso de disponer de información histórica acerca del riesgo a valorar, se debe analizar la posibilidad de aplicar un test de normalidad a los datos disponibles⁵. Si es posible aplicar dichos test, y se concluye que la información histórica sigue una distribución normal, entonces se procede a calcular el percentil P_{95} de manera directa. Dicho percentil se halla aplicando la siguiente fórmula: $P_{95} = \mu + 1,64 \times \sigma$, donde μ es la media y σ la desviación estándar de la distribución. Esto quiere decir que sólo el 5% de los datos históricos de sobrecostos se encuentra a más de 1,64 desviaciones estándar de la media. En la siguiente gráfica se representa la distribución normal y su percentil 95 correspondiente⁶:



⁵ En el Apéndice 5.1 se explican algunas pruebas de normalidad que pueden ser implementadas mediante paquetes estadísticos como Stata, E-Views y lenguajes de programación, como Matlab.

⁶ En este caso la media (μ) indica el sobrecosto esperado.



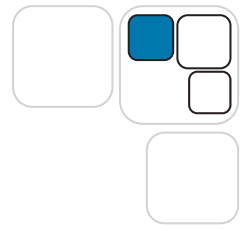
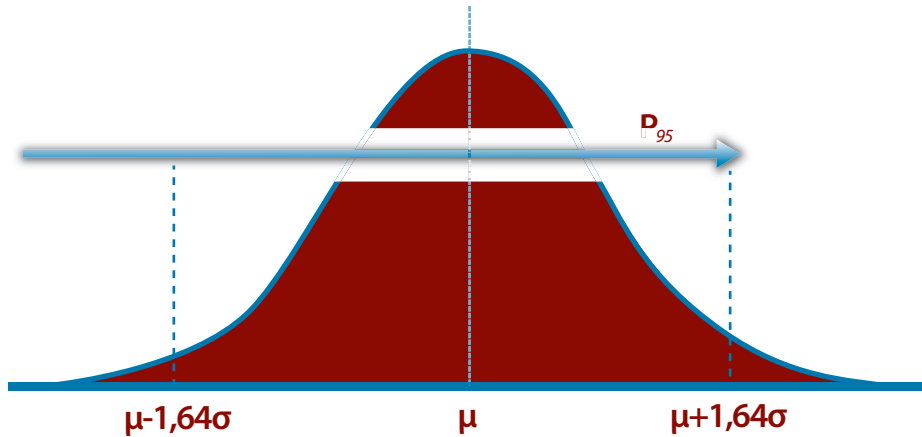


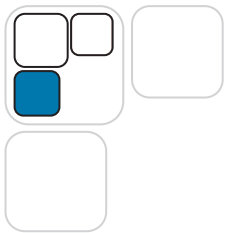
Ilustración 5 Representación gráfica del percentil P_{95} de una distribución normal



En caso contrario, que no se verifique una distribución normal para los datos disponibles, se debe constatar si el número de datos disponibles de información histórica es mayor o igual a 25⁷. Si se verifica tal condición, entonces se procede a aplicar la metodología Bootstrap⁸ para la obtención del percentil 95.

Por otro lado, si el número de datos disponibles es menor a 25 o no es posible efectuar un test de normalidad (o no se cuenta con información histórica), la solución es consultar un panel de expertos⁹ para determinar





el valor esperado del sobrecosto y el número de factores de riesgo involucrados. Con estos insumos se aplica la metodología Chi Cuadrado, que se ilustra en el Apéndice 5.3 mediante un caso práctico.

La diferencia fundamental entre los modelos paramétricos y los de simulación (que se explican a continuación), es que para los primeros existe una función de distribución definida a partir de parámetros simples derivados de los datos históricos. Por ejemplo, si se concluye que los datos se distribuyen de forma normal, entonces el percentil 95 se define de forma elemental mediante la media y la desviación estándar de la serie. En el caso de los modelos de simulación, no es posible llegar a una forma funcional para la distribución, lo cual implica generar múltiples escenarios para analizar el comportamiento empírico de la distribución.

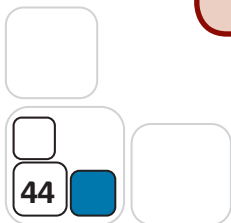


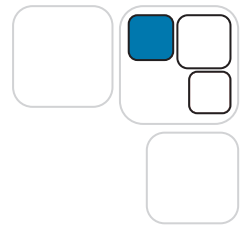
⁷ El número de observaciones mínimas para poder aplicar la metodología Bootstrap es igual a 25 (Efron y Tibshirani, 1986, 1993).

⁸ Ver Apéndice 5.2 para más detalles.

⁹ Dicho grupo debería estar conformado por:

- Jefes de Proyectos del área temática del proyecto.
- Consultores técnicos del área temática del proyecto.
- Asesores financieros y de análisis de riesgos.
- Otros profesionales con conocimiento en el área temática del proyecto.





Modelos de simulación

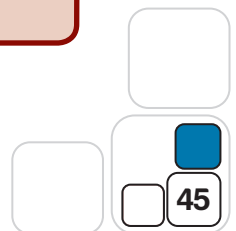
Los modelos de simulación se utilizan para analizar el comportamiento de variables con componente aleatorio y sin distribución probabilística con forma funcional definida. El ejemplo más claro de contingencias modeladas por simulación es el riesgo comercial de demanda. En términos generales, el riesgo de demanda posee un alto impacto y una probabilidad variable que dependerá en gran medida de la volatilidad del proceso. Otros riesgos modelables a partir de esta metodología son aquellos que dependen de variables exógenas al proyecto, como volatilidad en las tasas o precios.

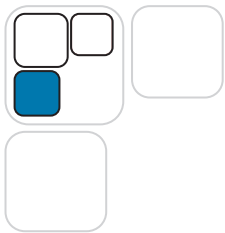
Para simular la variable de riesgo es usual considerar que sigue un movimiento Browniano de la forma¹⁰:

$$dx = \mu x dt + \sigma x dt . z$$



¹⁰ Véase Irwin (2007).





Donde μ es el valor esperado del crecimiento de x , dt es un incremento en el tiempo, σ es la volatilidad de los cambios porcentuales de x y z es una variable aleatoria obtenida de una distribución normal estándar. La representación de este proceso, en niveles, es¹¹:

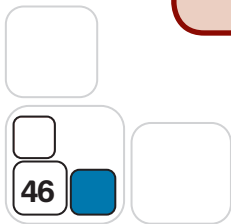
$$x_t = x_{t-1} \exp \left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) \Delta t + \sigma \sqrt{\Delta t} z \right)$$

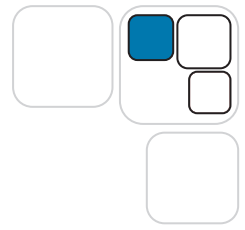
Suponga que se está midiendo un factor de riesgo que depende de n variables. Entonces, habría que crear una función de movimiento Browniano para cada variable, de la siguiente manera:

$$x_{t,i} = x_{0,i} \exp \left(\left(\mu_i - \frac{\sigma_i^2}{2} \right) t + \sigma_i \sqrt{t} \cdot z \right), \text{ para } i = \{1, 2, \dots, n\}$$



¹¹ Para más detalles véase Hull (2006), páginas 273-275.





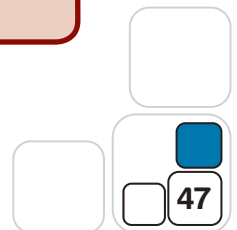
No obstante, la anterior ecuación supone que no hay correlación entre las variables que determinan el factor de riesgo. Para tener este elemento en cuenta, es necesario modificar el valor aleatorio z , de una distribución normal estándar univariada a una distribución normal multivariada. Suponga que la matriz de correlación entre variables es C de tamaño $n \times n$ (donde n es el número de variables). Por medio de la descomposición de Cholesky¹² se obtiene una matriz triangular inferior (una matriz con ceros a la derecha de la diagonal) L tal que $C = L^T \cdot L$. Paralelamente se obtiene un vector W de tamaño $n \times 1$ cuyas entradas son valores aleatorios extraídos de una distribución normal estándar. Con estas matrices se puede reescribir el movimiento Browniano para cada una de las variables que determinan el factor de riesgo de la siguiente forma:

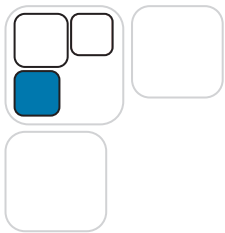
$$x_{t,i} = x_{0,i} \exp \left(\left(\mu_i - \frac{\sigma_i^2}{2} \right) t + \sigma_i \sqrt{t} \cdot \text{fila}_i(LW) \right)$$

Utilizando el método de Montecarlo se realiza un número suficientemente grande de iteraciones del proceso anteriormente descrito. Con el resultado de dicha simulación se construye un perfil de la variable aleatoria.



¹² Para más detalles véase el Apéndice 5.4.





Para modelar tarifas o precios regulados, cuyo comportamiento puede eventualmente ser afectado por una decisión de un regulador, se utiliza una distribución geométrica, donde la variable aleatoria es el periodo en el cual se imponga un cambio o choque en el comportamiento normal de las tarifas¹³. De esta forma, la tarifa o precio para el periodo t es un proceso aleatorio de la forma:

$$p_{t+1,i} = (1 + \rho_{t,i})(1 - \tilde{D})p_{t,i}$$

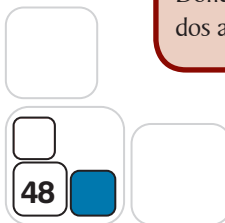
Donde $\tilde{D}$ toma el valor de c cuando la caída se presenta en el periodo t y cero en caso contrario; $\rho_{t,i}$ es la tasa de crecimiento de los precios. En palabras, cuando el choque no se produce en el periodo t , entonces los precios crecen a una tasa proyectada predefinida. Si se llega a presentar la caída de precios (la principal causa usualmente son procesos sociales y/o políticos que llevan a una disminución de la tarifa), entonces los precios caen en un $c\%$, y luego siguen creciendo a la tasa fijada. La tasa de caída de los precios (c) es una constante, que se escoge en función de la caída histórica de los precios para peajes o proyectos de condiciones similares.

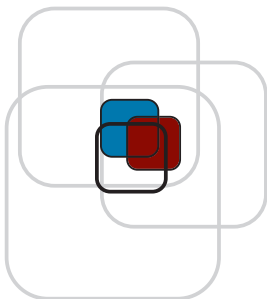


¹³ Si X es la variable aleatoria geométrica que representa en periodo de caída de las tarifas, entonces:

$$\text{Prob}\{X = t\} = r(1 - r)^{t-1}, \quad t \geq 1$$

Donde r es la probabilidad condicional que las tarifas caigan en un periodo, dado que no cayeron en los periodos anteriores (dicha probabilidad es igual para todos los periodos).





MITIGACIÓN

El equilibrio contractual determina los riesgos que hay que medir, la forma de medirlos y su asignación. Por lo tanto, el manejo de los riesgos está supeditado a las cláusulas contractuales. El siguiente formato permite señalar los riesgos que se identifican en el contrato, incluso aquellos que se encuentran implícitos en otras cláusulas y no se mencionan directamente:

ETAPA		ALCANCE	INSTRUMENTO PARA LA TOMA DE DECISIONES
V	MITIGACIÓN	Toma de decisiones frente al manejo óptimo de los riesgos.	PLIEGOS/ CONTRATOS/ FONDO DE PASIVOS CONTINGENTES

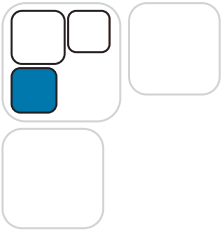
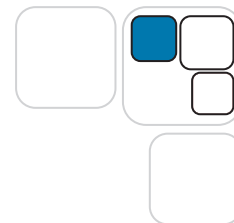
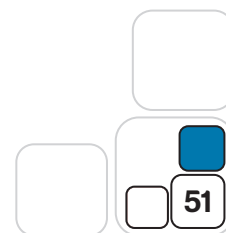


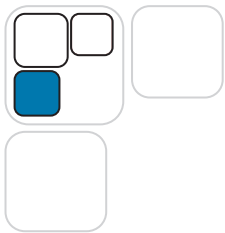
Tabla 7 Formato de identificación, tipificación, estimación y asignación de riesgos contractuales

RIESGOS	TIPO DE RIESGO IDENTIFICADO POR TIPO DE AMENAZA
DEFINICIÓN, TIPIFICACIÓN	Definición del tipo de amenaza que puede generar el riesgo.
DESCRIPCIÓN	Contiene las cláusulas que describen el tipo de amenaza que puede generar el riesgo. Estas cláusulas inscriben los derechos y obligaciones de las partes del contrato que pueden derivar en riesgos para las mismas.
ASIGNACIÓN TEÓRICA DEL RIESGO	La asignación teórica del riesgo definida según los lineamientos de política de riesgo contractual.



RIESGOS	TIPO DE RIESGO IDENTIFICADO POR TIPO DE AMENAZA
ASIGNACIÓN REAL	Asignación que se observa en la práctica en el desarrollo de contratos. Esto se debe a que en algunos contratos la asignación real no es igual a la asignación preestablecida en los documentos de lineamientos de política del riesgo contractual.
ESTIMACIÓN DEL RIESGO	Medición cuantitativa del riesgo como porcentaje del valor del contrato, realizada a partir de las metodologías de valoración definidas por la entidad.
MITIGACIÓN DEL RIESGO	Contiene las cláusulas que mencionan el tratamiento del riesgo. En todos los contratos debe hacerse referencia al manejo de los riesgos que pueden reconocerse de forma explícita por cada una de las partes.





Existen varios tipos de respuesta frente al riesgo, pero para los propósitos de este manual, se toman en consideración los siguientes:



Evitar el riesgo: la fuente de riesgo se elimina o elude no participando en contratos en los que se expone al riesgo.



Prevenirlo: se reduce la probabilidad de riesgo o se amortigua el impacto.



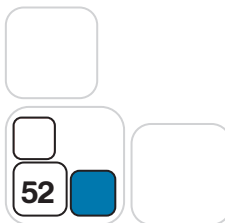
Retenerlo: se retiene el riesgo porque los costos de gestionarlo son aún mayores

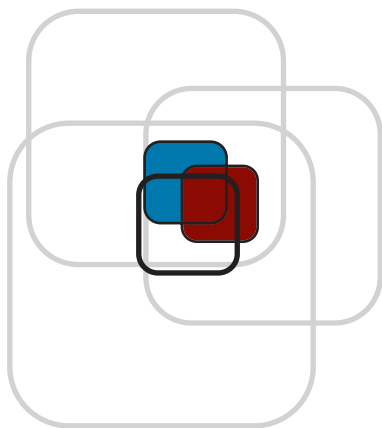


Transferirlo: se transfiere a la(s) parte(s) que mejor puede manejarlo (i.e. al menor costo).



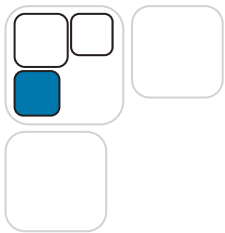
Asegurarse contra este o utilizar herramientas financieras: una de las partes toma un seguro, una forma común de transferencia de riesgo financiero. Otra alternativa utilizada para reducir la exposición a los riesgos de tasa de interés, tasa de cambio o precios de los commodities, es utilizar derivados financieros.





BIBLIOGRAFÍA

-  Brandao, Luiz E. T. & Saraiva, Eduardo C. G. (2007): “Valuing Government Guarantees in Toll Road Projects”; Mimeo.
-  Consultores ERN (2005): “Definición de la responsabilidad del Estado, su exposición ante desastres y diseño de mecanismos para la cobertura de los riesgos residuales del Estado”; Bogotá.
-  EIB (2004): “The EIB’s Role in Public-Private Partnerships (PPPs)” ; European Investment Bank, Luxembourg.
-  Engel, Eduardo, Fischer, Ronald & Galetovic, Alexander (2002): “Privatizing roads: An ‘old’ new approach to infrastructure provision Regula-



tion”; the Cato Journal, 18-22.



Gujarati, Damodar (2004): “Econometría”; McGraw-Hill, México.



Hull, John C. (2006): “Options, Futures and Other Derivatives”; Pearson Education Inc., New Jersey.



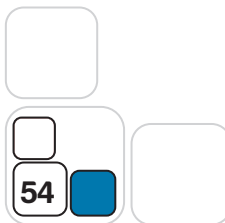
IMF (2004): “Public-Private Partnerships”; Fiscal Affairs Department, International Monetary Fund, Washington DC.

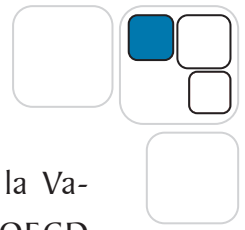


IMF (2006): “Public-Private Partnerships, Government Guarantees, and Fiscal Risk”; Fiscal Affairs Department, International Monetary Fund, Washington DC.



Irwin, Timothy (2007): “Government Guarantees – Allocating and Valuing Risk in Privately Financed Infrastructure Projects”; The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington D.C.

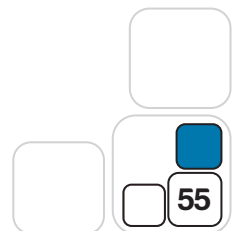


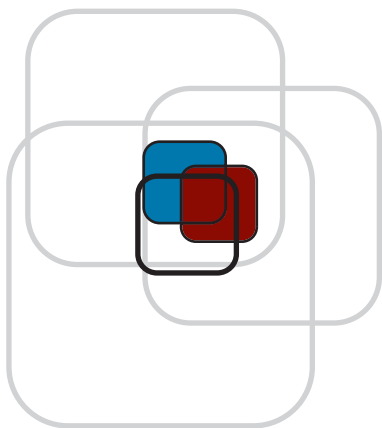


Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2004): “Manual para la Valoración de Pasivos Contingentes: Proyectos de Infraestructura” OECD (2008): “Public-Private Partnerships. In Pursuit of Risk Sharing and Value for Money”.



Wooldridge, Jeffrey M. (2006): “Introducción a la econometría – un enfoque moderno”; Thomson, Madrid.





APÉNDICES

Pruebas de normalidad

Suponga una cantidad finita de datos $\{a_i\}_{i=1}^n$, de tal manera que se representa los siguientes pares ordenados $\{a_i; F(a_i)\}_{i=1}^n$ y $\{a_i; F_n(a_i)\}_{i=1}^n$, donde F_n representa la función de distribución acumulada del conjunto de datos y F la función de distribución acumulada esperada (por ejemplo, la distribución normal). Ambas curvas son representadas en un mismo gráfico de tal manera que los puntos $\{a_i; F(a_i)\}_{i=1}^n$ se encuentran sobre la recta $y = x$. Por consiguiente se acepta la hipótesis de normalidad siempre que los puntos $\{a_i; F_n(a_i)\}_{i=1}^n$ se encuentren próximos a la recta.

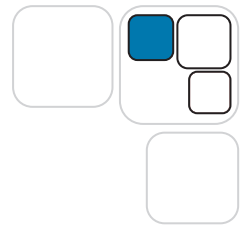
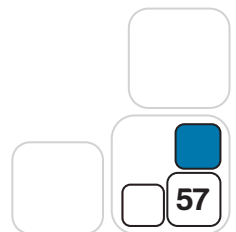
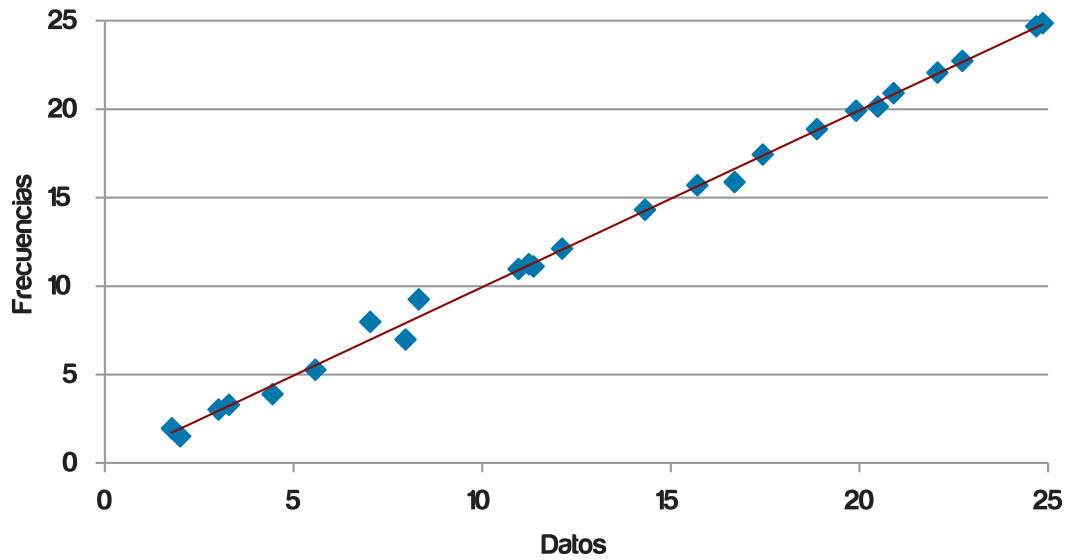
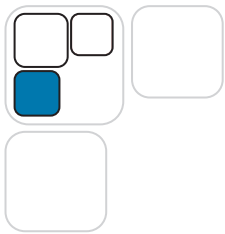


Ilustración 6 Gráfico de Normalidad



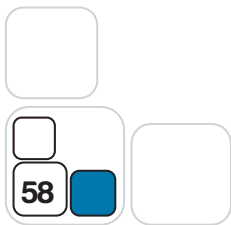


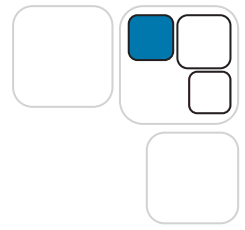
Muchos métodos no paramétricos han sido creados para medir la bondad del ajuste de una distribución normal, con la finalidad de contrastar si una muestra sigue una determinada función de distribución (no solo la normal). A continuación se presentan los más usados:

Test de Kolmogorov - Smirnov

Esta prueba se aplica sólo para variables continuas, y se utiliza para comprobar la hipótesis nula de que la muestra procede de una distribución normal. Se fundamenta en la comparación de la función de distribución acumulada de los datos observados, con respecto a la función de distribución esperada, midiendo la máxima distancia entre ambas curvas, que no deberá exceder un valor crítico, que se obtiene de una tabla de probabilidad. Es decir,

$$D = \max\{F_n(a_i) - F(a_i)\}$$





La hipótesis nula se acepta cuando el D observado es inferior al D esperado, que se encuentra en la tabla de la prueba de una muestra de Kolmogorov – Smirnov.

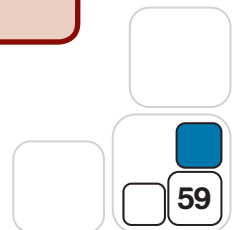
Test de Shapiro - Wild

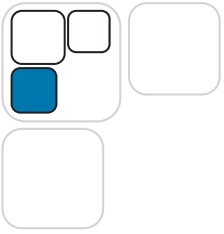
Esta prueba de normalidad es recomendable, cuando se cuente con muestras reducidas ($n < 30$). Este estadístico mide como los datos observados se ajustan a la recta¹⁴ (recta de 45°) y no a la distancia a la distribución normal. Este estadístico se formula de la siguiente manera:

$$W = \frac{1}{\sum_{j=1}^n (x_j - \mu)^2} \left[\sum_{j=1}^h (a_{j,n} (x_{(n-j+1)} - x_j)) \right]^2$$



¹⁴ Recta probabilística normal.



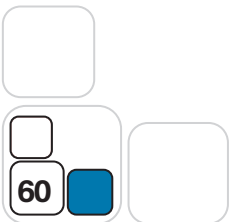


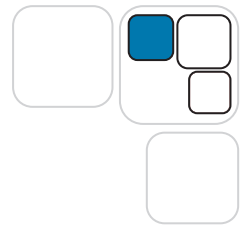
Donde, n es el número de datos, a_j es el dato en orden ascendente de la muestra que ocupa el lugar j , μ es la media, h es $n/2$ si n es par, o $(n-1)/2$ si n es impar y $a_{j,n}$ es un valor tabulado. La hipótesis nula se acepta cuando el valor de W es superior al valor de ajuste tabulado

Test de Chi - Cuadrado

Con un cierto grado de confianza previamente establecido, permite determinar si los datos $\{a_i\}_{i=1}^n$ están asociados con la distribución normal, mediante la siguiente expresión:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^n \frac{(F_n(a_i) - F(a_i))^2}{F(a_i)}$$



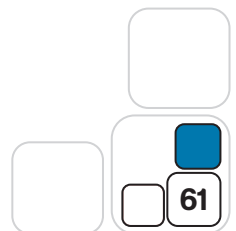


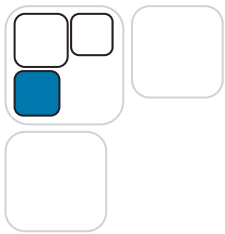
Test de Jarque - Bera

Analiza la normalidad o no normalidad de un conjunto de datos, comparando la diferencia entre los coeficientes de asimetría y curtosis de las observaciones, con respecto a una distribución normal. Esta es una prueba asintótica, o de grandes muestras. La expresión de este estadístico es el siguiente:

$$JB = n \left[\frac{S^2}{6} + \frac{(K-3)^2}{24} \right] \sim \chi^2_2$$

Siendo S la asimetría y K la curtosis. Bajo la hipótesis nula de distribución normal, el estadístico Jarque - Bera se distribuye como una Chi-cuadrado con 2 grados de libertad. Por ejemplo, suponga que se cuenta con una muestra de 97 sobrecostos del sector de infraestructura, los cuales tienen los siguientes estadísticos:





$$\text{Asimetría} = 0.149 \quad \text{Curtosis} = 2.942 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{B} = 0.372$$

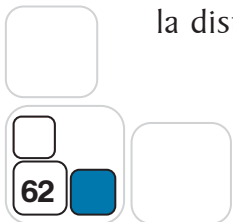
Esto permite aceptar la hipótesis nula de la normalidad, con un grado de confianza superior al 99%.

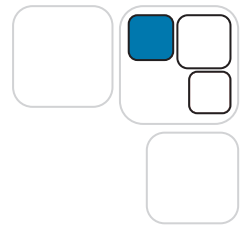
Test de Anderson - Darling

Dado una muestra de datos previamente ordenada en forma ascendente $\{a_i\}_{i=1}^n$ se busca contrastar estos valores con la función de distribución acumulada F de la distribución normal, por medio de la siguiente expresión:

$$A^2 = -n - \sum_{j=1}^n \frac{2j-1}{n} [\ln F(a_j) + \ln(1 - F(a_{n+1-j}))]$$

Este valor se compara con la distribución del estadístico de prueba (por ejemplo, la distribución normal) para determinar un valor crítico.





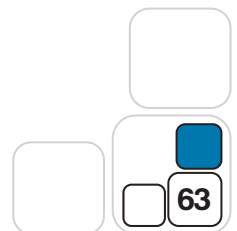
MÉTODO DE BOOTSTRAP

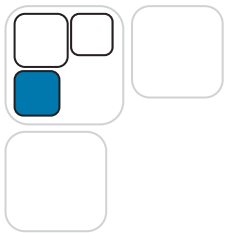
Dada una muestra $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ de tamaño n , la cual corresponde a información histórica de riesgos de sobrecostos asociados a contratos similares al contrato en evaluación, los pasos para la aplicación de la metodología Bootstrap son los siguientes:

Se procede a construir una muestra de tamaño n , con los elementos de la muestra original. A la nueva muestra se le conoce como muestra Bootstrap.

La construcción de cada uno de los elementos de la muestra se da realizando extracciones con reemplazo de la muestra original, hasta completar n elementos, donde es posible que se repitan algunos de los elementos que la conforman.

Este proceso se repite una cantidad finita de veces. Para cada muestra Bootstrap se procede a calcular su media y desviación estándar.





Para la cuantificación del riesgo, se procede a realizar el cálculo del valor promedio de las media y las volatilidades, es decir, $\bar{\mu}$ y $\bar{\sigma}$. Con estos valores, se calcula directamente el percentil 95 de la distribución de la forma usual:

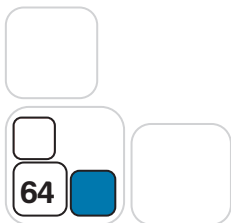
$$\bar{\mu} + 1,64 \times \bar{\sigma}$$

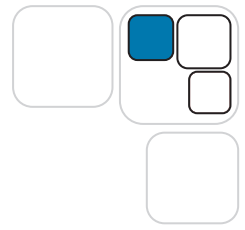
$$\bar{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^m \mu_i}{m} \quad y \quad \bar{\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^m \sigma_i}{m}$$

μ_i : Media de la muestra Bootstrap i

σ_i : Volatilidad de la muestra Bootstrap i

m : Número de muestras Bootstrap i





VALORACIÓN RESGOS MEDIANTE DISTRIBUCIÓN CHI CUADRADO

Para encontrar el valor máximo de los sobre costos al x% de nivel de confianza se definen las siguientes variables:

μ : Media de los sobre costos

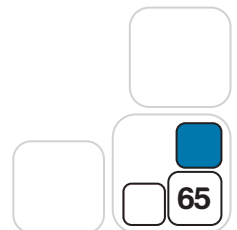
κ : Números de factores de riesgo independientes

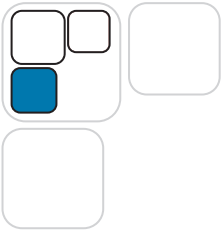
(e.g. número de puentes, túneles o predios que podrían presentar sobre costos)

El valor de los sobre costos al x% de confianza es:

$$VS_{x\%} = \left(\frac{\mu}{\kappa} \right) \cdot \chi^2_{\kappa, x\%}$$

Donde $\chi^2_{\kappa, x\%}$ es el percentil x% de una distribución Chi Cuadrado con κ grados de libertad. El método implica “re-escalar” la media de los sobre costos para analizar escenarios extremos.





Factorización de Cholesky

Asuma que tiene una matriz A con las siguientes propiedades: cuadrada, simétrica y definida positiva.¹⁵ Entonces A se puede expresar como el producto de dos matrices:

$$A_{n \times n} = L_{n \times n} L_{n \times n}^T$$

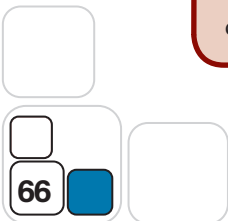
Donde $L_{n \times n}$ es una matriz triangular inferior con entradas positivas en la diagonal y $L_{n \times n}^T$ es la matriz triangular superior resultante de transponer $L_{n \times n}$.

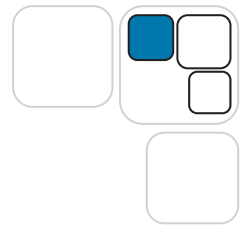
Para obtener choques normales correlacionados se parte de una distribución normal estándar multivariada de la forma:

$$X_{n \times 1} \sim N(\vec{0}_{1 \times n}, I_{n \times n})$$



¹⁵ Una matriz M de tamaño $n \times n$ es definida positiva si $z^T M z > 0$, para todo $z \in \mathbb{R}^n$ con entradas distintas de cero.





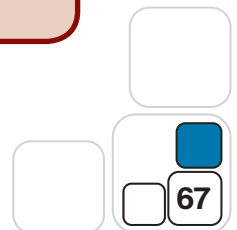
Donde $L_{n \times n}$ es un vector de ceros de tamaño $1 \times n$ y $I_{n \times n}$ es la matriz identidad de tamaño $n \times n$. Lo anterior implica que los choques normales son independientes. Si se quiere que los choques no sean independientes, sino que tengan una estructura de correlaciones definida por la matriz A , entonces se procede a hacer la siguiente operación¹⁶:

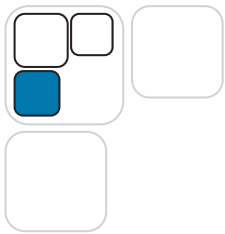
$$Y_{m \times n} = X_{m \times n} * L_{n \times n}^T \sim N(\vec{0}_{1 \times n}, A_{n \times n})$$

Por ejemplo, si se desea hacer una simulación de 1.000 choques normales correlacionados para dos variables, entonces el procedimiento sería el siguiente:



¹⁶Aquí vale recordar que si entonces, una transformación afín de la forma se distribuye . Dado que en el caso particular de este manual, y no se está adicionando el vector de constantes, la operación es más sencilla.





Hallar la matriz $A_{2 \times 2}$ de correlación de las dos variables (e.g. tráfico de la categoría de automóviles y tráfico de la categoría de camiones de un peaje cualquiera) a partir de las series históricas.

Obtener una matriz $X_{1,000 \times 2} \sim N(\vec{0}_{1 \times 2}, I_{2 \times 2})$ de variables normales estándar independientes.

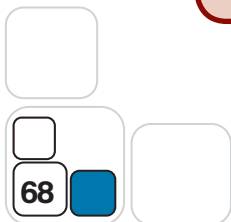
Calcular $L_{2 \times 2}^T$ a partir del algoritmo de descomposición de Cholesky.¹⁷

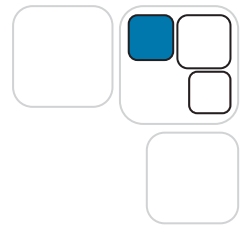
Obtener la matriz final $Y_{1,000 \times 2}$ de normales correlacionadas mediante el producto matricial de $X_{1,000 \times 2}$ con $L_{2 \times 2}^T$.

Finalmente, hay que tener cuidado con la consistencia de las dimensiones de las matrices utilizadas.



¹⁷Para este paso se necesita utilizar un complemento de Excel como Matrix.xls o Matlab.

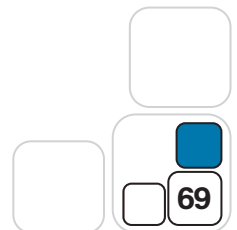


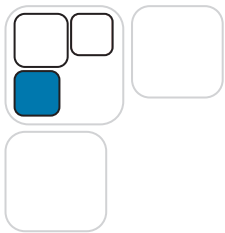


DESASTRES NATURALES

Los riesgos asociados a desastres naturales dada su escasa recurrencia, pueden tratarse como riesgos paramétricos de única ocurrencia. En el caso del riesgo sísmico se calcula la Pérdida Máxima Probable (PML, por sus siglas en inglés) simulando cientos de posibles escenarios, cada uno con la misma probabilidad de ocurrencia. Para cada escenario se calcula la pérdida esperada y se reportan los cinco peores escenarios. Igualmente, de acuerdo al impacto, la probabilidad y el marco regulatorio, se puede determinar si el riesgo es asignado al sector privado o al sector público.

Sea X el número de periodos durante los cuales el contrato se está ejecutando hasta el primer instante de ocurrencia de un evento “terminal”. Adicionalmente, suponga que el tiempo $t \in \{1, 2, \dots, N\}$ es una variable discreta. Dada una probabilidad por periodo r de que se presente un evento de tal tipo, la distribución geométrica calcula la probabilidad de que un evento ocurra en el periodo t , mediante la siguiente expresión:





$$\text{Prob}\{X = t\} = (r(1-r))^{t-1}, \quad t \geq 1$$

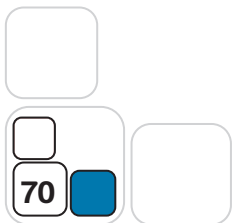
Lo anterior indica que el evento no ha ocurrido durante los $t-1$ primeros periodos (dado que la probabilidad de no ocurrencia es $1-r$, y ocurre en el periodo t). Por otro lado, sea P_t el impacto del evento “terminal” si sucede en el periodo t .

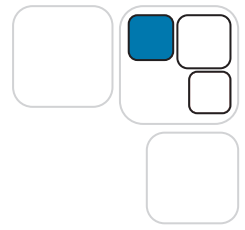
El valor esperado de la contingencia en cada periodo es:

$$VC_t = P_t r(1-r)^{t-1}$$

El valor presente de la contingencia (VC) se puede expresar de la siguiente manera:

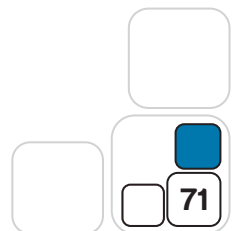
$$VC = \sum_{t=1}^N \frac{VC_t}{(1+y)^t}$$

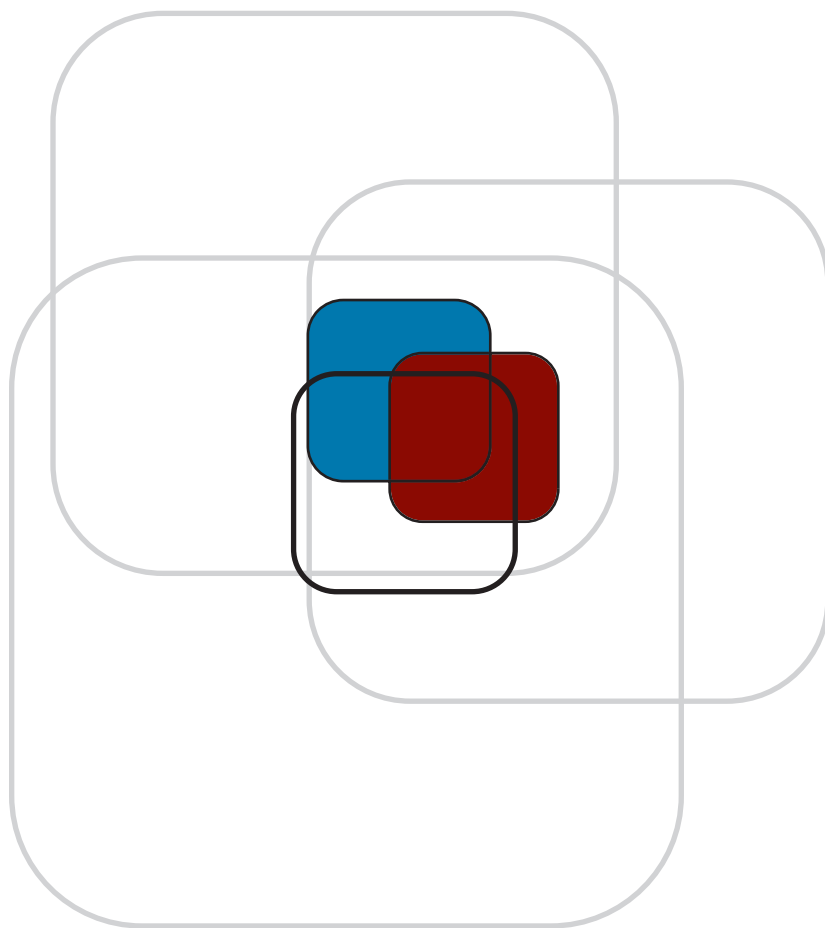




Donde N es el número de años del proyecto durante los cuales la contingencia tiene vigencia y y es la tasa de descuento.

En este sentido, el manejo de riesgos catastróficos se puede enfocar desde la definición de variables relacionadas con los niveles de pérdidas, la capacidad de cobertura y de gestión que permitirían contar con fuentes de recursos óptimas y oportunas ante eventos de alto impacto.





www.minhacienda.gov.co



Libertad y Orden

Ministerio de Hacienda y Crédito Público
República de Colombia

Con el apoyo de:



www.minhacienda.gov.co