

**Modelo de aprovisionamiento basado en la gestión del riesgo para la zona
centro de la empresa Mecánicos Asociados SAS.**

Edward Norberto Bautista Rodriguez.
ID 000380202

Universidad Pontificia Bolivariana
Escuela de Ingenierías
Facultad de Ingeniería Industrial
Especialización en Gerencia
Bucaramanga
2021

**Modelo de aprovisionamiento basado en la gestión del riesgo para la zona
centro de la empresa Mecánicos Asociados SAS.**

Edward Norberto Bautista Rodríguez
ID 000380202

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de:
Especialista en Gerencia

Director
Ing. Olmedo Gonzalez Herrera

Universidad Pontificia Bolivariana
Escuela de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Industrial
Especialización en Gerencia
Bucaramanga
2021

Tabla de Contenidos

Introducción	3
Capítulo 1 Generalidades de la empresa	5
Capítulo 2 Alcance.....	7
Capítulo 3 Antecedentes	8
Capítulo 4 Justificación.....	10
Capítulo 5 Objetivos	11
Capítulo 6 Marco teórico	12
Capítulo 7 Resultados	18
Capítulo 8 Conclusiones y recomendaciones	38
Lista de referencias	40

Lista de Figuras

Figura 1. Modelo queso suizo para proyectos Fluor. (Dirk-Jan Voorn, 2019).....	4
Figura 2. BRMF Fluor (Dirk-Jan Voorn, 2019)	15
Figura 3. Fases del proceso (Elaboración propia).....	18
Figura 4. Categorías de riesgos identificadas por Fluor (Dirk-Jan Voorn, 2019).....	19
Figura 5. Matriz de priorización de riesgos (Dirk-Jan Voorn, 2019)	21
Figura 6. Matriz de priorización de riesgos (Elaboración propia)	29
Figura 7. Presupuesto de riesgos (Elaboración propia)	31
Figura 8. Modelo lineal vs planeación de riesgos (Elaboración propia).....	32
Figura 9. Modelo de provisión 0,37% del ingreso vs modelo lineal (Elaboración propia)	33
Figura 10. Modelo de provisión 0,37% con liberaciones (Elaboración propia)	34
Figura 11. Ejemplo de una sobresaliente gestión de riesgos (Elaboración propia)	35
Figura 12. Ejemplo de una esperada gestión de riesgos (Elaboración propia)	36
Figura 13. Ejemplo de una mala gestión de riesgos (Elaboración propia)	36
Figura 14. Ejemplo de una gestión de riesgos variable (Elaboración propia)	37

Lista de Tablas

Tabla 1. Criterios para definir la severidad de un riesgo (Dirk-Jan Voorn, 2019)	20
Tabla 2. Criterios para definir la probabilidad de ocurrencia de un riesgo (Dirk-Jan Voorn, 2019)	20
Tabla 3. Priorización de riesgos (Elaboración propia bajo formato corporativo).....	22
Tabla 4. Criterios para definir la probabilidad de ocurrencia de un riesgo.....	30

Lista de Anexos

Anexo 1. Identificación, cuantificación y mitigación de riesgos	42
Anexo 2. Cálculo de remanentes y contingencia de riesgo	42
Anexo 3. Simulación de Monte Carlo.....	42
Anexo 4. Seguimiento a la ejecución.....	42

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: Modelo de aprovisionamiento basado en la gestión del riesgo para la zona centro de la empresa Mecánicos Asociados SAS.

AUTOR(ES): Edward Norberto Bautista Rodriguez

PROGRAMA: Esp. en Gerencia

DIRECTOR(A): Olmedo Gonzalez Herrera

RESUMEN

Este documento presenta el estudio realizado sobre la gestión de riesgos para la ejecución del nuevo contrato de mantenimiento y operación de equipos de superficie de la vicepresidencia regional central de Ecopetrol S.A. En éste se incluye la identificación y cuantificación de los riesgos, una serie de acciones de mitigación y una aproximación del valor de contingencia necesario. Una simulación de Monte Carlo, la cual se utiliza como herramienta para analizar una gran variedad de permutaciones aleatorias de forma simultánea, ha sido implementada para el cálculo del valor de contingencia. Finalmente, se presenta un sencillo y eficaz modelo de aprovisionamiento de contingencias que busca mejorar la estabilidad en los resultados mensuales esperados del contrato, lo cual a su vez se convierte en una herramienta para evaluar el desempeño de los gerentes frente a una gestión preventiva del riesgo.

PALABRAS CLAVE:

Riesgo, severidad, materialización, mitigación, provisión

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: Provisioning model based on risk management for the central area of the company Mecánicos Asociados SAS.

AUTHOR(S): Edward Norberto Bautista Rodriguez

FACULTY: Esp. en Gerencia

DIRECTOR: Olmedo Gonzalez Herrera

ABSTRACT

This document presents the risk management study over the new contract execution on maintenance and operation of surface equipment of the central regional vice presidency of Ecopetrol S.A. This includes the identification and quantification of risks, several mitigation actions and a risk event contingency approximation. A Monte Carlo simulation, which is a powerful tool that allows analyzing a great variety of random permutations simultaneously, has been implemented for the calculation of the risk event contingency approximation. Finally, a simple and effective provisioning model is presented towards to improve stability in the expected monthly results of the contract. Furthermore, the model also becomes a measurement tool to evaluate the performance of managers against preventive risk management.

KEYWORDS:

Risk, severity, materialized, mitigation, provisioning

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

Introducción

Las empresas ganan dinero asumiendo riesgos y pierden dinero al no manejarlos de forma correcta (Dirk-Jan Voorn, 2019). Todas las actividades empresariales llevan inmerso un riesgo, el cual según la ISO 31000 se define como “el efecto de la incertidumbre sobre los objetivos” (*ISO - 2009 - Risk management — Principles and guidelines.pdf*, s. f.) en otras palabras, son circunstancias, sucesos o adversidades inciertas que al materializarse impiden el normal desarrollo de las actividades, afectando el direccionamiento estratégico y los resultados esperados.

En la actual competencia mundial se presta cada vez más atención a la gestión de proyectos, la planificación y la toma de decisiones pues son los deberes básicos de un director de proyecto y sin ellos es imposible alcanzar los objetivos del proyecto. En el proceso de planificación y toma de decisiones, en primer lugar, se deben identificar las incertidumbres y luego se deben estimar sus impactos y probabilidades. La gestión de riesgos es una parte fundamental de la gestión de proyectos, ya que "los riesgos no gestionados o no mitigados son una de las principales causas del fracaso del proyecto.(Rezaie et al., 2007)

Es por esto que desde mediados de la década de 1990 se ha desarrollado en gran medida la implementación de la gestión del riesgo. (Hasper Tabares et al., 2017)

La metodología utilizada en este documento se basa en la prevención del riesgo, es decir, busca que ningún riesgo identificado se materialice o que, si lo hace, el impacto ya venga

reducido y ocasione el menor daño posible, sea tolerable o esté contemplado en el costo del bien o servicio a prestar.

Gran parte de esta estrategia de gestión del riesgo se basa en el modelo del queso suizo desarrollado por Dante Orlandella y James T. Reason en la Universidad de Manchester, el cual a grandes rasgos consiste en agregar varias barreras preventivas y/o de mitigación (tantas como se puedan o se requieran) con el ánimo de que ningún peligro logre superarlas o que a medida que pasa por ellas disminuya el impacto, como se ve en la Figura 1.

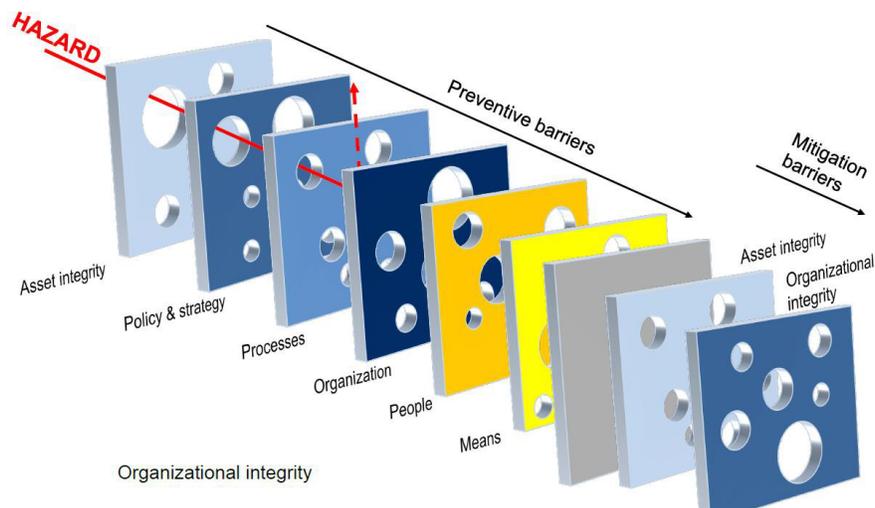


Figura 1. Modelo queso suizo para proyectos Fluor. (Dirk-Jan Voorn, 2019)

El objetivo de esta monografía es mostrar los resultados de desarrollar un proceso de gerenciamiento del riesgo para la posible adjudicación y continuidad del contrato de mantenimiento y operación de la vicepresidencia regional central de Ecopetrol S.A. a la empresa Mecánicos Asociados S.A.S. por 5 años con un valor total superior a los 60 millones de dólares. Además, se plantea un modelo de aprovisionamiento para la eventual

materialización de riesgos identificados que ayudará al gerente de proyecto a mantener los resultados esperados por la compañía a pesar de los factores de riesgo que se materialicen a lo largo del contrato.

Capítulo 1

Generalidades de la empresa

Con más de 35 años de experiencia en Colombia, Mecánicos Asociados SAS pertenece al grupo holandés Stork Technical Services. Desde 2016 hace parte de la multinacional estadounidense Flúor, lo que fortalece y consolida la empresa como líder en la prestación de servicios integrales de gestión de activos durante todo su ciclo de vida, para los sectores de petróleo y gas, refinerías y productos químicos, energía, pulpa y papel, renovables, metales y minería.

- Empleados: >8000
- Departamento (s) donde actualmente presta servicios: Antioquia, Arauca, Atlántico, Bolívar, Boyacá, Caquetá, Casanare, Cauca, Cesar, Córdoba, Cundinamarca, Huila, La Guajira, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Santander, Sucre, Tolima, Valle del Cauca
- Principales clientes en Colombia: Cepsa Colombia S.A, Ecopetrol S.A, Equión Energía Limited, Hocol S.A, Linde Colombia S.A, Meta Petroleum Corp, Oleoducto Central S.A, Occidental Andina LLC, Petrobras Colombia Limited, Refinería de Cartagena S.A, Terpel S.A, Gran Tierra Energy Inc, Petromil,

Drummond Ltd, Carbones del Cerrejón S.A, Grupo Prodeco, Codensa S.A,
Empresas Públicas de Medellín, Argos, Opain, Uniphos.

- Certificaciones en Colombia: RUC, OSHAS 18001-2007, ISO 14001-2015, ISO 9001-2015. (<https://campetrol.org/masa-a-stork-company/>)

Capítulo 2

Alcance

El contrato 3006131 firmado entre Ecopetrol SA y Mecánicos Asociados SAS es uno de los principales contratos de la compañía y tiene por objeto el “SERVICIO DE EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE FACILIDADES DE SUPERFICIE PARA LA VICEPRESIDENCIA DE DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE ECOPETROL S.A”. Este contrato se viene ejecutando desde mediados de 2017 en la denominada zona centro o vicepresidencia regional central (VRC) y aunque recientemente se firmó un otro sí con extensión por 10 meses, desde el 01 de enero hasta el 31 de octubre de 2021, se encuentra en proceso de salir a una nueva licitación de largo plazo, razón por la cual se debe replantear y actualizar el modelo de riesgos, conocido internamente como el BRMF por sus siglas del inglés Business Risk Management Framework, con el cual se busca identificar y cuantificar los riesgos asociados a la ejecución del nuevo contrato, generar estrategias de prevención y mitigación para finalmente determinar los montos de contingencia necesarios para hacer económicamente viable el contrato.

Adicional a este proceso de identificación y cuantificación, se ha detectado la necesidad de un modelo de provisión de dinero para contingencias efectivo y práctico, que sirva como herramienta al gerente de proyecto para mantener constantes los resultados esperados por la compañía independientemente de los factores de riesgo existentes.

Capítulo 3

Antecedentes

La gestión de riesgos es una de las nueve áreas de conocimiento propagadas por el Project Management Institute (PMI) y es probablemente el aspecto más difícil de la gestión de proyectos. Además, la gestión de riesgos en el contexto de la gestión de proyectos es una forma integral y sistemática de identificar, analizar y responder a los riesgos para lograr los objetivos del proyecto (Tupa et al., 2017).

La importancia de la gerencia del riesgo aumentó de forma considerable como estrategia gerencial desde finales de la década del 90, debido principalmente al gran dinamismo que empezaba a tener el mundo y el aumento en la competitividad (Rasmussen, 1997). Hoy en día estos procesos son fundamentales para el desarrollo de cualquier proyecto, sin embargo, muchas empresas siguen adoptando una metodología correctiva en la que los gerentes se miden por su capacidad de responder ante las crisis para lograr el menor impacto posible, en lugar de medirlos por las estrategias preventivas adoptadas para evitar llegar a ellas.

Una estrategia preventiva del riesgo además de tener planes de acción para cuando se materialice algún riesgo, integra toda una serie de acciones estructuradas que evitan esta materialización y opta por medidas de prevención como medio de sustituir la actividad peligrosa por otra actividad que genere beneficios idénticos o similares. Sin embargo,

primero debe asegurarse de que el reemplazo no presente más riesgos o más incertidumbres que el agente al que reemplaza (Aven & Renn, 2010)

Al tratarse de la licitación para la extensión de un contrato en desarrollo, se cuenta con una gran cantidad de información al respecto, además de una larga trayectoria empresarial en la ejecución de contratos del mismo tipo en diferentes zonas del país.

Capítulo 4

Justificación

Gran parte de los objetivos financieros de la compañía se basan en lograr la continuidad de sus principales contratos con Ecopetrol SA y como ya se expuso anteriormente, el contrato de la VRC es uno de los de mayor relevancia y que mejores resultados podría ofrecer en términos de ingresos con bajo riesgo, esto principalmente porque la ejecución debe ser mucho más estable gracias a los más de tres años de experiencia en la zona.

Por otra parte, profesionalmente permite profundizar en un tema que cada vez toma más importancia dentro de la organización y que personalmente considero de gran relevancia como futuro especialista en gerencia pues ahondará mi experiencia como coordinador de riesgos.

Capítulo 5

Objetivos

Objetivo general

Generar un modelo para el adecuado manejo de la gestión preventiva del riesgo durante la posible adjudicación del contrato de mantenimiento y operación de la vicepresidencia regional central a la empresa Mecánicos Asociados SAS, el cual será extrapolable a los demás contratos de la compañía.

Objetivos específicos

- Actualizar con base a la experiencia de tres años de contrato los riesgos a los que está expuesta la compañía al ampliar la vigencia por cinco años más.
- Generar nuevas estrategias de mitigación a los principales riesgos.
- Cuantificar los riesgos y mediante una simulación de Monte Carlo definir el presupuesto de contingencia necesario para incluirlo dentro del costo de la oferta.
- Generar un modelo de aprovisionamiento y liberación de dinero que permita hacer seguimiento al presupuesto de riesgos generado, contando con el dinero necesario en el momento que se materialicen los riesgos facilitando un análisis de la gestión de los gerentes frente a las estrategias de mitigación planteadas.

Capítulo 6

Marco teórico

El riesgo:

Matemáticamente el riesgo R se define como el producto de la probabilidad de ocurrencia P con la severidad del evento S:

$$R = P * S \quad (0 \leq P \leq 1) \quad (\text{Payo, 2007})$$

Sin embargo, la palabra riesgo es tan antigua como la propia existencia humana, se puede decir que con ella se describe, desde el sentido común, la posibilidad de perder algo o de tener un resultado no deseado, negativo o peligroso, por lo tanto, mientras mayor sea la probabilidad y la pérdida potencial, mayor será el riesgo. (Tocabens, s. f.)

Hay varias formas de clasificar los riesgos, la más utilizada es según su naturaleza, por ejemplo, existen riesgos financieros, económicos, ambientales, políticos y legales que a su vez pueden estar divididos en más categorías, pero dado que no es el objetivo principal de este documento sólo se definen los principales a continuación:

Riesgos financieros:

Son todos aquellos relacionados con la gestión financiera de las empresas. Es decir, aquellos movimientos, transacciones y demás elementos que tienen influencia en las finanzas empresariales: inversión, diversificación, expansión, financiación, entre otros.

En esta categoría es posible distinguir algunos tipos:

– Riesgo de crédito.

- Riesgo de tasas de interés.
- Riesgo de mercado.
- Riesgo gestión.
- Riesgo de liquidez.
- Riesgo de cambio.

Riesgos económicos:

En este caso, se refiere a los riesgos asociados a la actividad económica, ya sean de tipo interno o externo. En el primer caso, se habló de las pérdidas que puede sufrir una organización debido a decisiones tomadas en su interior. En el segundo, son eventos cuyo origen es externo. Para diferenciarlo del ítem anterior, es preciso señalar que el riesgo económico afecta básicamente a los beneficios monetarios de las empresas, mientras que los financieros tienen que ver con todos los bienes que tengan las organizaciones a su disposición.

Riesgos ambientales:

Son aquellos a los que están expuestas las empresas cuando el entorno en el que operan es especialmente hostil o puede llegar a serlo. Tienen dos causas básicas: naturales o sociales. En el primer grupo se pueden mencionar elementos como la temperatura, la altitud, la presión atmosférica, las fallas geológicas, entre otros. En el segundo, cuestiones como los niveles de violencia y la desigualdad. Sea como sea, lo cierto es que son riesgos que no dependen de las empresas y que, por tanto, su gestión requiere de planes preventivos más eficaces.

Riesgos políticos:

Este riesgo puede derivarse de cualquier circunstancia política del entorno en el que operen las empresas. Los hay de dos tipos: gubernamentales, legales y extralegales. En el primer caso se engloban todos aquellos que son el resultado de acciones que han sido llevadas a cabo por las instituciones del lugar, por ejemplo, un cambio de gobierno o una modificación en las políticas comerciales. En el segundo caso, se sitúan actos al margen de la ley como acciones terroristas, revoluciones o sabotajes.

Riesgos legales:

Se refiere a los obstáculos legales o normativos que pueden obstaculizar el rol de una empresa en un sitio determinado. Por ejemplo, en algunos países operan leyes restrictivas en el mercado que limitan la acción de ciertas compañías. Estos riesgos van generalmente ligados a los de carácter político.

Otra forma un poco más global de clasificar los riesgos es en los términos de riesgos sistémicos o no sistémicos. Los sistémicos son los que recaen sobre todo un sistema económico o en un mercado en su conjunto, los mejores ejemplos son las crisis económicas, guerras o lo que por hoy está de moda, pandemias. Por otra parte, los riesgos no sistémicos se relacionan con la gestión individual de la empresa como una crisis interna o un plan de crecimiento mal ejecutado son claros.

(<https://www.isotools.org/2019/08/12/definicion-del-riesgos-empresariales-y-principales-tipos/>)

El conocimiento de todas estas clasificaciones ayudará a ampliar el espectro en la lluvia de ideas que se realizará para determinar los riesgos del proyecto de interés y aunque estas clasificaciones son acertadas, pueden ser muy amplias. Durante el desarrollo de este ejercicio se manejan categorías mucho más específicas y adaptadas al proyecto.

Business Risk Management Framework (BRMF):

El Business Risk Management Framework (BRMF) de Fluor es un proceso formalizado y sistemático para evaluar, gestionar y monitorear los riesgos comerciales de Fluor y sus filiales Stork y Mecanicos Asociados SAS, incluyendo proyectos, inversiones y adquisiciones. Está constituido por seis elementos que se pueden ver en la Figura 2 y eventualmente guiarán al gerente de proyecto hacia una forma eficiente de mitigar la posible materialización de riesgos y con ello, evitar los impactos negativos en los resultados esperados.

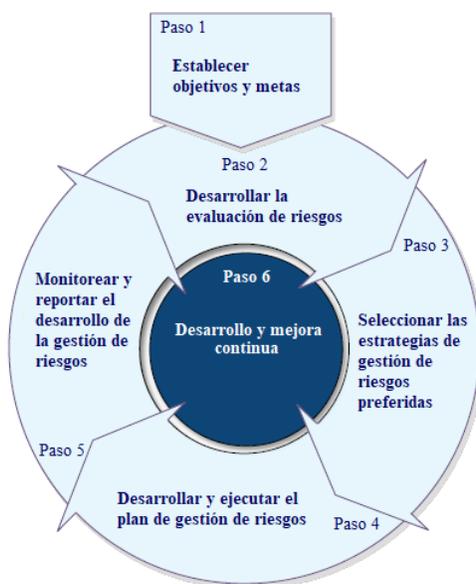


Figura 2. BRMF Fluor (Dirk-Jan Voorn, 2019)

Simulación de Monte Carlo.

Bajo el nombre de Método Monte Carlo o Simulación Monte Carlo se agrupan una serie de procedimientos que analizan distribuciones de variables aleatorias usando simulación de números aleatorios. El Método de Monte Carlo da solución a una gran variedad de problemas matemáticos haciendo experimentos con muestreos estadísticos en una computadora, en resumen, es una técnica que combina conceptos estadísticos (muestreo aleatorio) con la capacidad que tienen los ordenadores para generar números pseudoaleatorios y automatizar cálculos. (Anderson, 2010)

Aun dicho esto, no hay un único método de Monte Carlo y cualquier intento de definirlo dejara inevitablemente por fuera algunos ejemplos válidos, (Harrison et al., 2010) sin embargo, puede considerarse como una metodología muy relacionada a la experimentación aleatoria, dicho de otra forma, es una forma metodológica de realizar un análisis de causa efecto, más conocido como *What-if*. (Raychaudhuri, s. f.)

Un modelo eficaz debe tener en cuenta los riesgos asociados con varios parámetros de entrada. En la mayoría de las circunstancias, los experimentadores desarrollan varias versiones de un modelo, que pueden incluir el caso base, el mejor escenario posible y el peor escenario posible para los valores de las variables de entrada, pero este enfoque tiene varias desventajas. En primer lugar, puede resultar difícil evaluar los mejores y peores escenarios para cada variable de entrada. En segundo lugar, es posible que todas las variables de entrada no estén en sus mejores o peores niveles al mismo tiempo, por lo que la toma de decisiones también tiende a ser difícil, ya que ahora estamos considerando más de un escenario. Además, a medida que un experimentador aumenta el número de

casos a considerar, el control de versiones y el almacenamiento de modelos se vuelven difíciles. Un experimentador puede tener la tentación de ejecutar varios análisis hipotéticos, pero no es práctico analizar todos los valores posibles de cada parámetro de entrada. La simulación de Monte Carlo puede ayudar al experimentador a investigar metódicamente el rango completo de riesgo asociado con cada variable de entrada de riesgo. (Raychaudhuri, s. f.)

Capítulo 7

Resultados

De forma global el proceso se divide en 3 fases como se ven en la Figura 3:

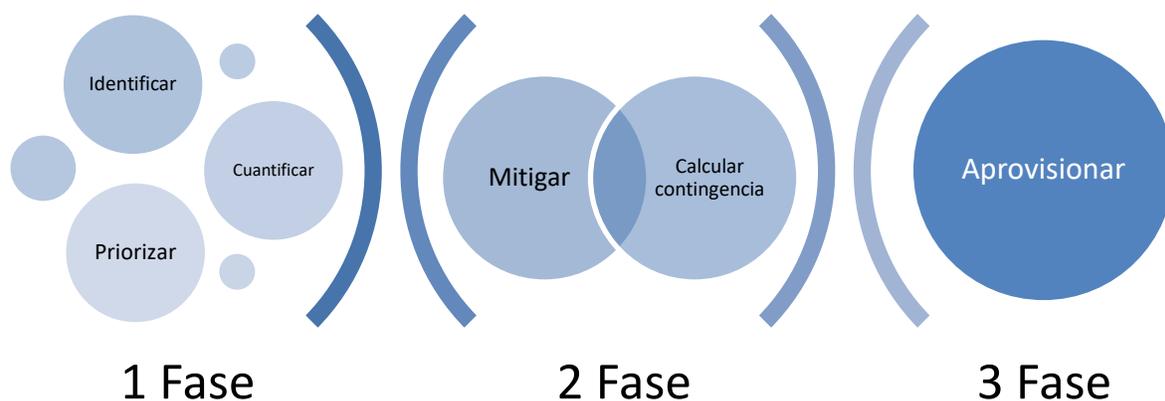


Figura 3. Fases del proceso (Elaboración propia)

Los resultados de las fases 1 y 2 del proyecto pueden verse en el Anexo 1, en donde se muestra una tabla con todos los riesgos analizados y condensa las etapas de identificación, cuantificación, priorización y mitigación.

En el Anexo 2 se puede ver el cálculo de la contingencia y el modelo de provisiones desarrollado a partir de los resultados previos, a continuación, entraremos en detalle a cada una de las fases:

1. Identificación, cuantificación y priorización de riesgos:

Al tratarse de una extensión de contrato la identificación de riesgos es una tarea más sencilla que en un nuevo proyecto gracias al conocimiento que se tiene del mismo, sin

embargo, en la Figura 4 se pueden ver varias categorías identificadas por Fluor bajo las cuales enmarcan la mayoría de riesgos relacionados con el negocio, esto estimulará la lluvia de ideas necesaria en el primer paso.

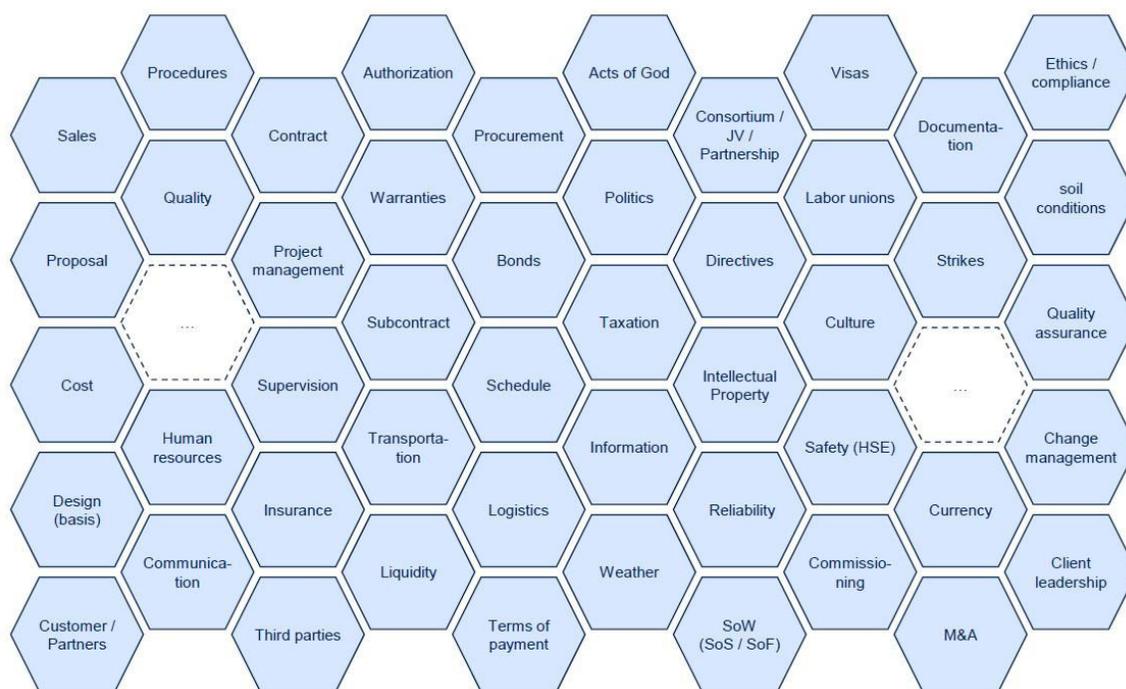


Figura 4. Categorías de riesgos identificadas por Fluor (Dirk-Jan Voorn, 2019)

Como se mencionó previamente, el riesgo se define como el producto de la probabilidad de ocurrencia P , con la severidad del evento S ; Para definir la severidad se requiere primero un análisis y cálculo realista de los factores que influyen en cada riesgo (cantidad de personas o equipos, tiempos de afectación, multas, frecuencia del evento, etc.) y debe convertirse en términos de dinero o tiempo perdido para luego calificarla según los criterios de la Tabla 1.

Por otro lado, la probabilidad depende más de la experiencia y conocimiento del sector, para lo cual es útil tener una discusión con el equipo de trabajo y consensuar el valor de las probabilidades según los criterios de la Tabla 2.

Tabla 1. Criterios para definir la severidad de un riesgo (Dirk-Jan Voorn, 2019)

Severidad			
Rating	Severidad	Impacto financiero (USD)	Impacto en pérdida de tiempo
5	Critico	>\$1MM	Más de un mes
4	Grave	\$1MM	Hasta un mes
3	Serios	\$500k	Hasta dos semanas
2	Moderado	\$250k	Hasta una semana
1	Leve	\$10k	Hasta dos días

Tabla 2. Criterios para definir la probabilidad de ocurrencia de un riesgo (Dirk-Jan Voorn, 2019)

Probabilidad de ocurrencia		
Rating	Probabilidad	Criterio
5	Casi seguro	91-100%, Se espera que ocurra en casi todos los escenarios
4	Probable	76-90%, Probablemente ocurra en la mayoría de circunstancias
3	Posible	26-75%, Podría ocurrir en algún momento
2	Poco probable	11-25%, Solo podría ocurrir en algún momento
1	Raro	1-10%, Puede ocurrir solo en circunstancias excepcionales

Una vez se cuenta con esta clasificación de cada riesgo, se determina la prioridad de cada uno mediante el cruce de SxP en la matriz de priorización de riesgos mostrada en la Figura 5, esto ayudará a decidir en donde se debe invertir la mayoría de tiempo y recursos de mitigación.

		PRIORIDAD					
Severidad	5	3	4	4	5	5	
	4	2	3	4	4	5	
	3	2	2	3	3	4	
	2	2	2	2	3	3	
	1	1	1	2	2	3	
		1	2	3	4	5	
Baja	Probabilidad de ocurrencia						

Figura 5. Matriz de priorización de riesgos (Dirk-Jan Voorn, 2019)

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRIMERA FASE.

Los resultados de esta primera fase se pueden ver en la Tabla 3 en donde se describe el riesgo, se explica la exposición en términos cuantificables y se organizan en orden de prioridad, estos datos también son apreciables en el Anexo 1. Anexo 1.

Tabla 3. Priorización de riesgos (Elaboración propia bajo formato corporativo)

Riesgo #	Categoría del riesgo / Descripción del riesgo	Detalle de exposición	Exposición sin mitigar (USD)	Severidad	Prob.	Prioridad
3	Mano de obra organizada: Riesgo de bloqueos o huelgas debido a la inconformidad de las comunidades durante la contratación de mano de obra local no calificada podría producir una ralentización del trabajo y la espera de personal y equipo	Costo de un día de operación de un campo (30millones)*7 días de paro*5años*6 mes	1.750.000	5	5	5
6	Sitio del proyecto: Riesgo de sobrecostos debido a las comunidades al solicitar participación en la contratación de bienes y servicios que resultan en costos de alquiler superiores a los calculados en la propuesta.	Rentar con la comunidad el 50% de las camionetas necesarias para el contrato con precios 30% por encima del estimado en la oferta económica durante todo el contrato	1.050.000	3	5	4
11	Flujo de caja / liquidez: Riesgo de falta de flujo de caja debido a retrasos en la facturación	Intereses del 12%EA sobre el 30% del WIP con retrasos de más de 30 días y 10% del WIP con retrasos de más de 60 días por demoras mensuales en la generación de actas	416.667	3	4	4
13	Salud y seguridad: Riesgo de incidencias y / o accidentes operacionales en campo provocados por terceros y que podrían ocasionar retrasos en nuestro servicio	El riesgo se mide en función del posible tiempo perdido, el cual no será superior a 7 días de operación en el peor de los casos	324.074	3	4	4

Riesgo #	Categoría del riesgo / Descripción del riesgo	Detalle de exposición	Exposición sin mitigar (USD)	Severidad	Prob.	Prioridad
15	Salud y seguridad: Riesgos relacionados dentro de HSE los accidentes que ocurren durante las actividades realizadas podrían producir accidentes con días perdidos y / o daños materiales y retrasos en el cronograma	Accidentes relacionados con trabajos en alturas, actividades de levantamiento, manejo de químicos, excavaciones, etc., se estima el 1% del costo de un accidente mayor	668.000	4	4	4
1	Liderazgo del cliente: Riesgo de que el cliente no entregue la planeación de trabajo de manera oportuna y que no tengamos los recursos disponibles para iniciar nuevas órdenes de trabajo que requieren equipos, herramientas y personal adicional que causa retrasos en el inicio del servicio.	Se estima una demora máxima de 15 días en la contratación del 20% de servicios con AIU de 19% Ingresos mensuales = 5K millones / 30 días * 15 días * 20% * 19%	26.389	2	4	3
2	Mano de obra organizada: Riesgo de tener problemas con la USO (sindicato) ya que, de acuerdo al convenio colectivo, se debe contratar al personal por al menos 6 meses, sin embargo, tenemos órdenes de servicio de 1 mes por solicitud del cliente.	Costo de indemnizar 10 personas por 3 meses por cancelación de servicios antes de tiempo, este evento se podría repetir anualmente en 5 años de contrato $10 * 5 \text{ millones} * 3 \text{ meses} * 5 \text{ años}$	208.333	2	4	3
4	Industria: Riesgo de que el precio del barril de petróleo sea menor o igual a 25 USD, provocando reducciones en la cantidad de servicios y / o terminación del contrato	Costo de indemnizar 300 personas por 3 meses de salario y 12 personas por 2 meses más 3 meses de depreciación de equipos	1.338.333	5	1	3

Riesgo #	Categoría del riesgo / Descripción del riesgo	Detalle de exposición	Exposición sin mitigar (USD)	Severidad	Prob.	Prioridad
10	Salud y seguridad: Riesgo de accidentes mayores debido a eventos inesperados por exposición o eventos catastróficos (pérdida de integridad) Aparte de la pérdida de reputación y posiblemente una penalización en el contrato por el 10% del valor 66,8 MM del valor del contrato * 10% de penalización	Se estima un accidente mayor con el 10% del valor del contrato como valor sin mitigar	6.680.000	5	1	3
12	Erosión / reputación de la marca: Riesgo de bajo rendimiento y calidad durante la ejecución del trabajo que resulta en reprocesos	Se estima el 1% del valor del contrato como retrabajos resultantes de mal mantenimiento	668.000	4	3	3
14	Salud y seguridad: Riesgo vehicular. Las condiciones internas y externas de la carretera podrían producir accidentes con días perdidos por accidentes con daños materiales.	Posible pérdida de tiempo y daños materiales por accidentes debido a condiciones adversas de conducción 6 accidentes viales leves y 1 accidente vial grave al año, cada accidente con 3 días de trabajo perdido	87.500	2	4	3
16	Términos y condiciones: Riesgo de que el cliente imponga una cláusula de daños liquidados por incumplimiento del contrato	Cláusula contractual 10% del valor total del contrato	3.978.676	5	1	3
19	Mano de obra organizada: Acuerdos con sindicatos que impliquen costos adicionales como contratación de personal a costo de la empresa o beneficios adicionales para empleados	Aplicar nuevo beneficio laboral a personal afiliado al sindicato (auxilios de transporte, alimentación, salud, otro)	250.000	3	3	3

Riesgo #	Categoría del riesgo / Descripción del riesgo	Detalle de exposición	Exposición sin mitigar (USD)	Severidad	Prob.	Prioridad
5	Seguridad de procesos: Riesgo de sobrecostos para reparaciones importantes como resultado de prácticas de mantenimiento deficientes	3 afectaciones en los 5 años con costo promedio de 100millones	83.333	1	3	2
7	Sitio del proyecto: Riesgo de alteración del orden público en la región como secuestro, extorsión, robo	Perdida por hurto de 2 camionetas al año con equipos y herramientas	416.667	3	2	2
8	Proveedores / subcontratistas clave: Riesgo de subcontratistas y / o proveedores sobrecostos o falta de entrega de equipos o prestación de servicios según las especificaciones, a tiempo produciendo retrasos en el cronograma y pérdida de beneficios si el precio no es competitivo en relación con los precios de propuesta	El valor estimado por subcontratos es de 2 millones de dólares, se calcula como riesgo sin mitigar el 10% del total	200.000	2	3	2
9	Salud y seguridad: Riesgo de muchas personas incapacitadas ("baja por enfermedad") como resultado de accidentes o enfermedades durante un tiempo prolongado durante el contrato que podrían producir sobrecostos	Valor estimado para cubrir 15 días de incapacidad mensual durante los 5 años	42.500	1	3	2

Riesgo #	Categoría del riesgo / Descripción del riesgo	Detalle de exposición	Exposición sin mitigar (USD)	Severidad	Prob.	Prioridad
17	Órdenes de cambio / cambios de alcance: Riesgo de que el presupuesto del cliente no sea suficiente para mantener la cantidad de servicios, lo que conduciría a una disminución en los ingresos y una reacción tardía traería sobrecostos importantes	Una reducción del 20% de los servicios podría acarrear el costo de no reducir la planta administrativa en la misma proporción, no devolver a tiempo equipos ni cancelar a tiempo contratos laborales	182.870	2	3	2
18	Términos y condiciones: Riesgo de sobrecostos por sanciones a proveedores por incumplimiento de los contratos pactados	Penalidad por devolver 40 vehículos 15 millones cada uno	166.667	2	3	2

El principal resultado de esta fase es la organización de riesgos por prioridad y el valor de la exposición total a la que está expuesto el contrato si no se realiza una adecuada gestión del riesgo, con un valor de \$17.371.343 USD, lo que corresponde a más del 26% del valor total del contrato. Es evidente que este valor es muy elevado y requiere una completa ejecución de estrategias de mitigación que se trabajaran en la segunda fase.

SEGUNDA FASE: Mitigación de riesgos y cuantificación del remanente

A cada uno de los riesgos identificados se le plantean varias acciones estratégicas preventivas que actúen basadas en el modelo del queso suizo revisado previamente, esto debe concluir en una disminución en la exposición, la cual es conocida como exposición remanente.

El principal resultado de la segunda fase es la estrategia de mitigación, la cual debe monitorearse de forma periódica para identificar cuales acciones ya se implementaron, cuales están en proceso, cuales ya no aplican e incluso cuales adicionales se pueden agregar, el resultado completo, con estrategias y valores remanentes pueden revisarse en el Anexo 1.

Por otro lado, el valor de la exposición remanente es otro dato importante de esta segunda fase con un total de \$7`316.194 USD, que corresponde al 10,95% del valor total del contrato, un valor aún muy alto para ser aprovisionado, por lo que cabe la pregunta, ¿Qué tan probable es que se materialicen todos los riesgos mitigados?

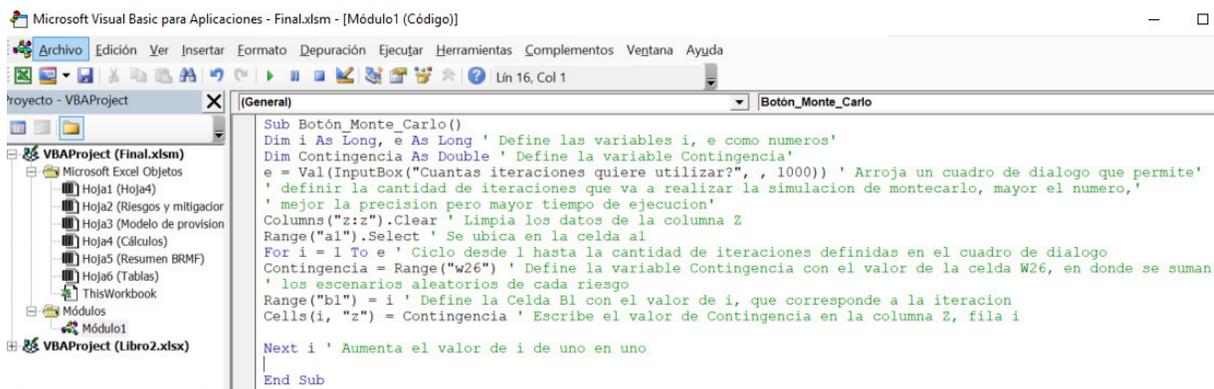
La respuesta es que es muy poco probable, pero entonces, ¿Cómo determinar un valor de contingencia adecuado?

Es acá cuando modelos estadísticos como la simulación de Monte Carlo toman relevancia y permiten mediante la generación de muchos escenarios, determinar un mejor valor de contingencia de riesgos, ya que no es suficiente con calcular la exposición remanente, pues de ser así, significaría que todos los riesgos identificados se materializarían e impactarían negativamente con el valor remanente.

Para poder aplicar Monte Carlo se necesita definir la probabilidad de que se materialice cada riesgo, aun después de ejecutar las estrategias de mitigación, esta probabilidad se conoce como probabilidad remanente. Además, se deben definir 3 posibles escenarios en caso de que se materialice el riesgo en cuestión, generando así, un total de 4 escenarios para cada riesgo, a continuación, se explica mejor cada uno:

1. Escenario de no materialización del riesgo: Como su nombre indica, en este escenario el riesgo en cuestión no se materializa durante toda la ejecución del contrato; La probabilidad de este escenario es el 100% menos la probabilidad remanente.
2. Escenario de bajo impacto: Aun cuando se materialice el riesgo, el impacto será menor que el calculado como riesgo remanente; La probabilidad de este escenario es un 20% de los casos en que se materialice el riesgo, es decir, el 20% de la probabilidad remanente.
3. Escenario probable: Es el escenario del riesgo remanente y por ende el que se espera conseguir luego de una adecuada implementación de las estrategias definidas; La probabilidad de este escenario es un 60% de los casos en que se materialice el riesgo, es decir, el 60% de la probabilidad remanente
4. Escenario de alto impacto: Una vez materializado el riesgo, el impacto final resulta mayor al calculado por factores no previstos; La probabilidad de este escenario es el 20% restante de los casos en que se materialice el riesgo, es decir, el 20% de la probabilidad remanente. (Rezaie et al., 2007)

Estos escenarios se pueden ver en las columnas “Bajo Impacto” “Probable” y “Alto impacto” del Anexo 1; Una vez definidos estos valores para cada riesgo y mediante la formulación de macros en Excel para desarrollar una simulación de Monte Carlo, se generan 1.000 escenarios de combinaciones aleatorias de materialización de riesgos con el código de programación de la Figura 6.



```

Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - Final.xlsm - [Módulo1 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
proyecto - VBAProject (General) Botón_Monte_Carlo

Sub Botón_Monte_Carlo()
Dim i As Long, e As Long ' Define las variables i, e como numeros'
Dim Contingencia As Double ' Define la variable Contingencia'
e = Val(InputBox("Cuántas iteraciones quiere utilizar?", , 1000)) ' Arroja un cuadro de dialogo que permite'
' definir la cantidad de iteraciones que va a realizar la simulacion de montecarlo, mayor el numero,'
' mejor la precision pero mayor tiempo de ejecucion'
Columns("z:z").Clear ' Limpia los datos de la columna Z
Range("a1").Select ' Se ubica en la celda a1
For i = 1 To e ' Ciclo desde 1 hasta la cantidad de iteraciones definidas en el cuadro de dialogo
Contingencia = Range("w26") ' Define la variable Contingencia con el valor de la celda W26, en donde se suman
' los escenarios aleatorios de cada riesgo
Range("b1") = i ' Define la Celda B1 con el valor de i, que corresponde a la iteracion
Cells(i, "z") = Contingencia ' Escribe el valor de Contingencia en la columna Z, fila i

Next i ' Aumenta el valor de i de uno en uno
End Sub

```

Figura 6. Matriz de priorización de riesgos (Elaboración propia)

El resultado de este código almacena en una columna el valor de contingencia de cada uno de los mil escenarios aleatorios generados con base en las probabilidades predefinidas y finalmente, con un promedio se obtiene la contingencia de riesgos, la cual al correrse varias veces oscila entre los 230.000 y 280.000 USD, lo cual corresponde a menos del 0,5% del valor del contrato. En el archivo Anexo 3 se encuentra el editable completo para realizar la simulación de Monte Carlo y modificar la información necesaria.

Los resultados hasta el momento pueden resumirse en la Tabla 4, estos datos a su vez son entradas necesarias para el modelo de aprovisionamiento de la fase 3.

Tabla 4. Criterios para definir la probabilidad de ocurrencia de un riesgo

Cliente	Ecopetrol S.A.	Conversión de moneda (COP - USD)	3.600
Región del proyecto	Latam	Ingreso esperado (US Dollars)	66.800.000
Localización del proyecto	Colombia, Santander, Barrancabermeja	Margen esperado (US Dollars)	4.008.000
Unidad de negocio	O&M	Fecha de inicio de contrato	01-nov-21
Alcance del proyecto	Mantenimiento	Fecha de finalización de contrato	31-oct-26
Tipo de contrato	Precio unitario	Fecha de expiración de garantía	31-oct-27
Cantidad de riesgos	19		
Riesgos de prioridad alta	2		
Riesgo sin mitigar (USD)	Riesgo remanente (USD) antes de MC	Contingencia de riesgos (USD) Después de MC	Costo de ejecución de estrategias (USD)
20.171.833	7.316.194	246.097	158.300
30,20%	10,95%	0,37%	0,09%

TERCERA FASE: Modelo de aprovisionamiento

Ya determinado el valor de contingencia de riesgos, se realiza un presupuesto estimado para los 60 meses de contrato; Lo único que se necesita es definir una periodicidad estimada de cada riesgo para distribuir en el tiempo los impactos, adicional, se define que a partir del mes 18 de ejecución la incertidumbre sobre la fecha de materialización de algunos riesgos es muy alta, se asume entonces que para esa fecha se materializara la afectación de los riesgos de baja probabilidad y alto impacto, generando un pico en la gráfica de la Figura 7.

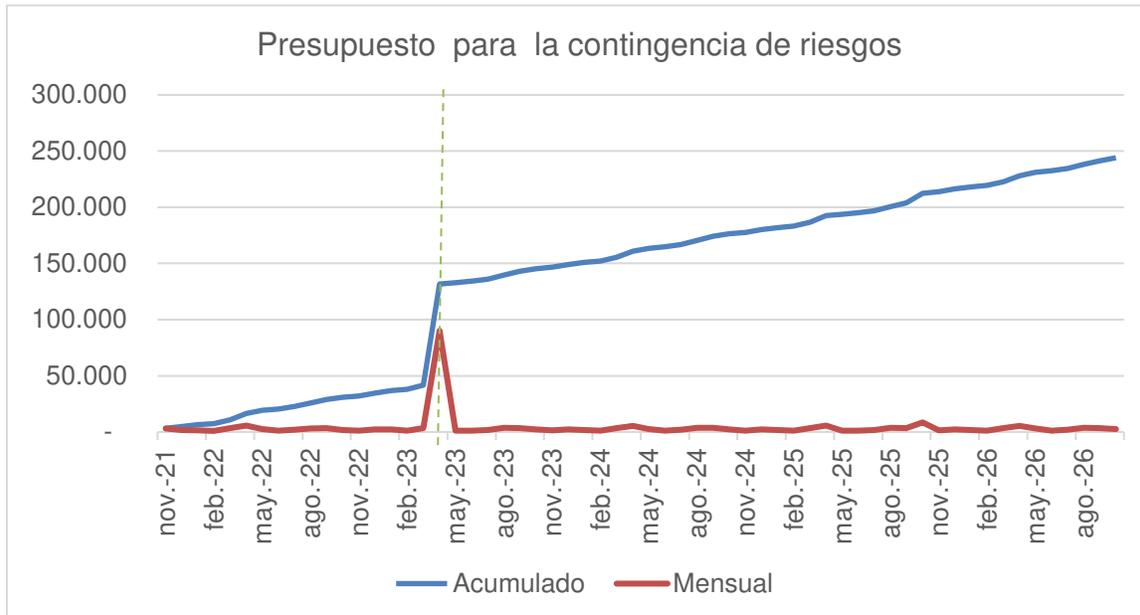


Figura 7. Presupuesto de riesgos (Elaboración propia)

El éxito en la implementación de este modelo se basa en la simplicidad y efectividad, por lo tanto, se propone un modelo de provisión lineal, el cual básicamente consiste en dividir el valor de contingencia de riesgos obtenido, en el total de meses del contrato, para de esta forma provisionar mes a mes un valor constante, sin embargo, en el modelo existen algunos inconvenientes, por ejemplo, en algunos meses la provisión puede estar por debajo del presupuestado como se ve en la Figura 8. (Chapman & Ward, 2003)

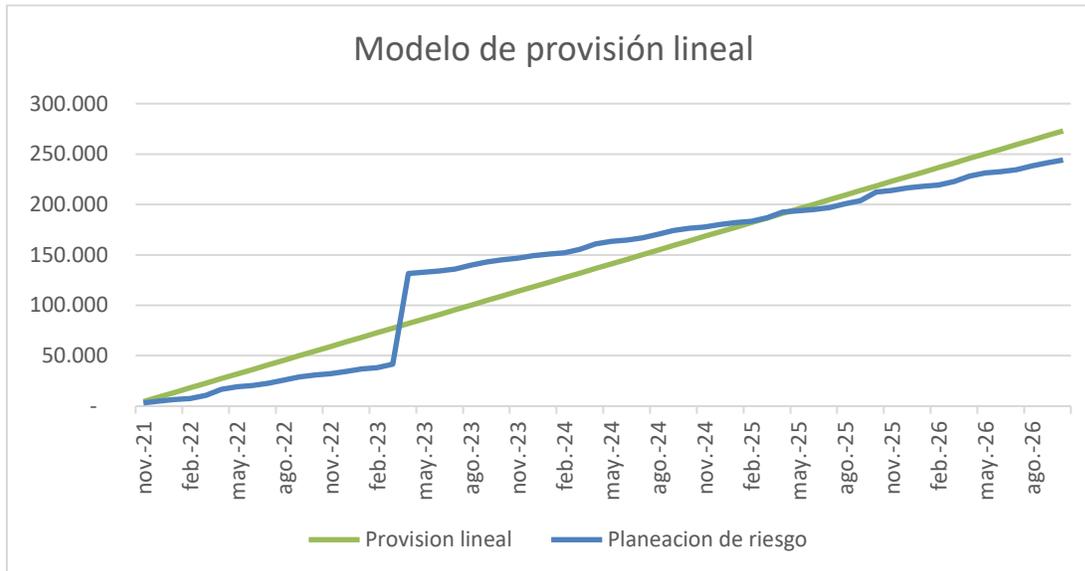


Figura 8. Modelo lineal vs planeación de riesgos (Elaboración propia)

Otro problema que presenta el modelo lineal, es que no se adaptará a los resultados mensuales de los contratos, en donde el ingreso varía mes a mes y generará que la provisión afecte de forma descontrolada los resultados mensuales.

Estos inconvenientes permiten proponer un modelo de carácter lineal, pero comportamiento variable, en donde el valor a provisionar corresponde a un porcentaje del AIU mensual, de esta forma se adaptará al estado real del contrato.

En principio AIU significa administración, imprevistos y utilidades. Actualmente, no existe una norma que reglamente el concepto. Sin embargo, este término es usado para calcular el impuesto a las ventas de algunos contratos. (<https://contamos.com.co/todo-lo-que-debe-saber-sobre-el-aiu/>)

Parte del imprevisto se compone de los riesgos que se materialicen durante la ejecución, por lo tanto, es de allí de donde se propone provisionar el valor de contingencia de

riesgos; EL valor de contingencia es de 246.097 USD, lo que corresponde al 0,37% del valor total del contrato, por lo que una provisión mensual del 0,37% de los ingresos resulta adecuada; en la Figura 9 se muestra el resultado de provisionar el 0,37% suponiendo el mismo comportamiento de ingresos que tuvo el contrato entre 2017 y 2021.

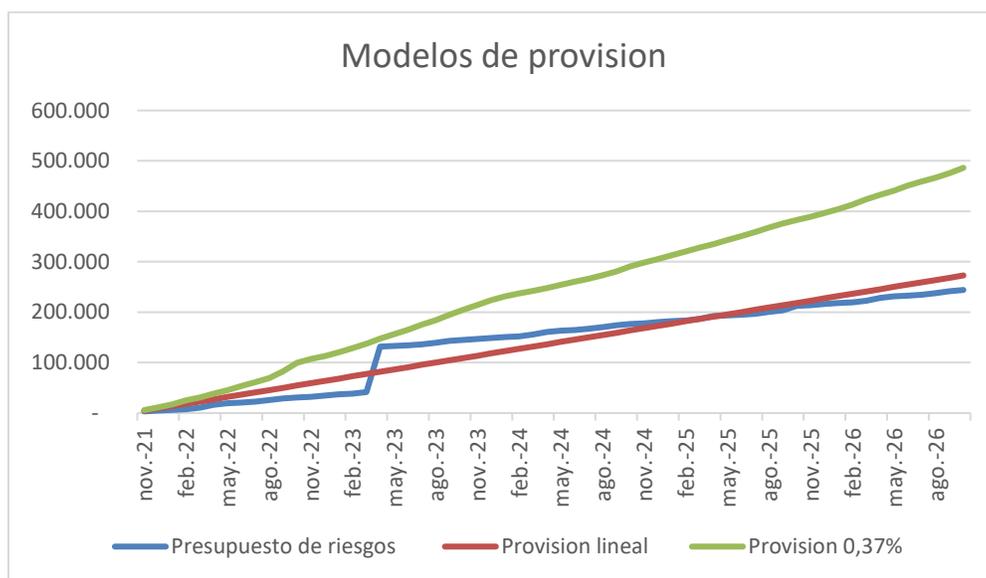


Figura 9. Modelo de provisión 0,37% del ingreso vs modelo lineal (Elaboración propia)

Se puede ver que el valor de contingencia cambia proporcionalmente a los ingresos, por lo que esta incertidumbre genera la necesidad de realizar liberaciones o aportes extemporáneos pero periódicos, con el ánimo de evitar acumulación innecesaria de dinero y afectaciones en el flujo de caja o déficit en las provisiones requeridas según el caso. Las liberaciones por acumulación de dinero pueden realizarse a partir del mes 18 y anualmente a partir de ahí, pero deben cumplir la condición de garantizar que el valor

total provisionado hasta la fecha no sea inferior al equivalente en el modelo de provisión lineal o al presupuesto de riesgos inicial como se muestra en la Figura 10.

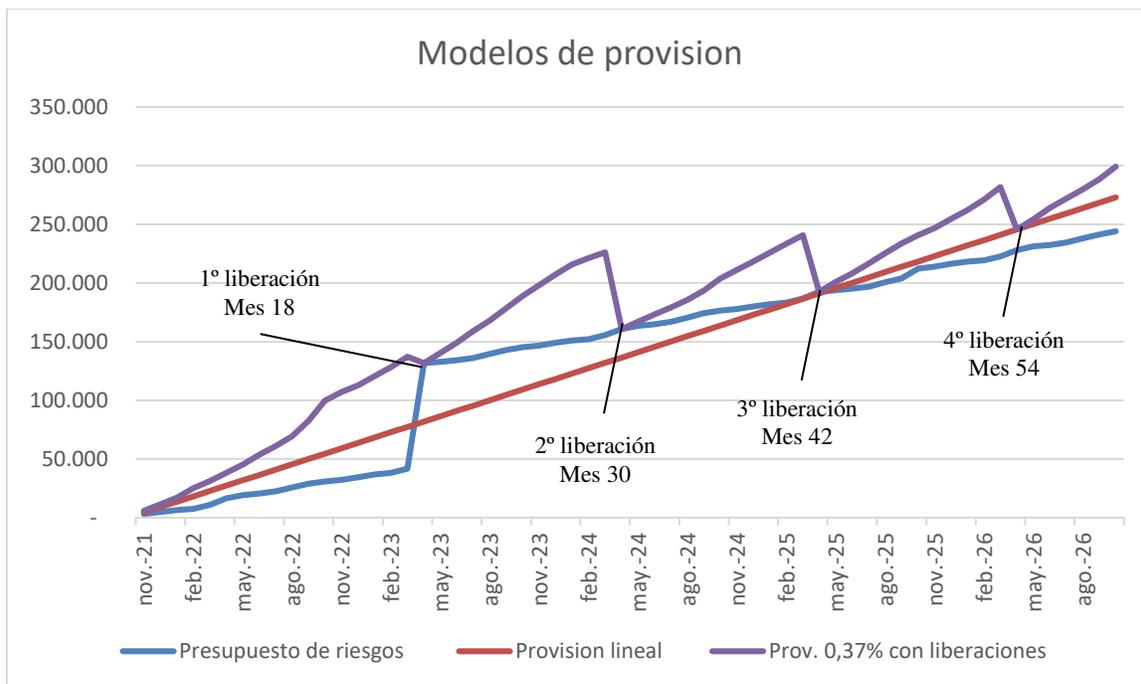


Figura 10. Modelo de provisión 0,37% con liberaciones (Elaboración propia)

Finalmente, mediante el seguimiento mensual de la provisión, los impactos, liberaciones y demás, se podrán generar acuerdos de desempeño a los gerentes, quienes son los principales responsables de la ejecución del contrato y por ende la mitigación de sus riesgos.

En las Figura 11, Figura 12, Figura 13 y Figura 14 se muestran graficas de ejemplo que permiten identificar buenos y malos resultados en la gestión de riesgos. Entre más se acerque la línea punteada a la verde, mejor será la gestión del riesgo, pues significa que se ha utilizado una pequeña parte del dinero destinado para las eventuales

materializaciones de riesgos, por otro lado, si la línea punteada está por debajo de la línea roja, significaría que se ha incurrido en un mayor valor del planeado en el análisis de riesgos, lo cual puede darse en caso de no haber identificado de forma correcta los riesgos o una deficiente implementación de las acciones de mitigación.

Estas graficas se obtienen mediante el diligenciamiento mensual del formato del Anexo 4, en el cual se registra el ingreso del mes para obtener la línea verde y el valor de contingencia liberado en ese mismo periodo para obtener la línea punteada y la azul. La línea roja es un valor constante definido desde el inicio del contrato.

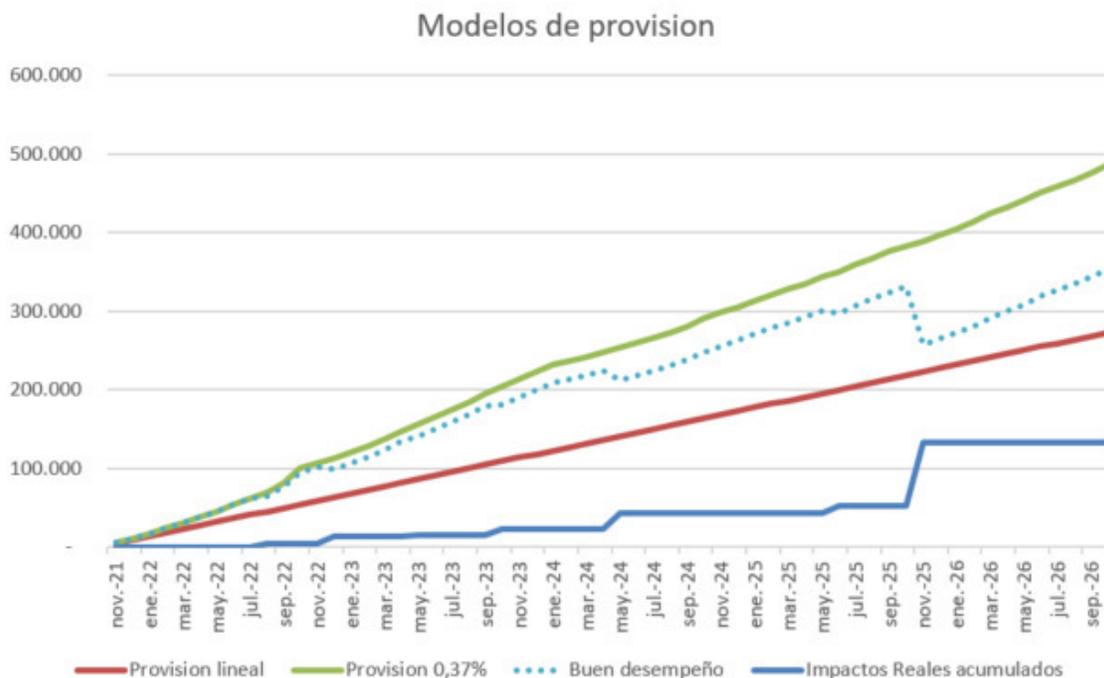


Figura 11. Ejemplo de una sobresaliente gestión de riesgos (Elaboración propia)

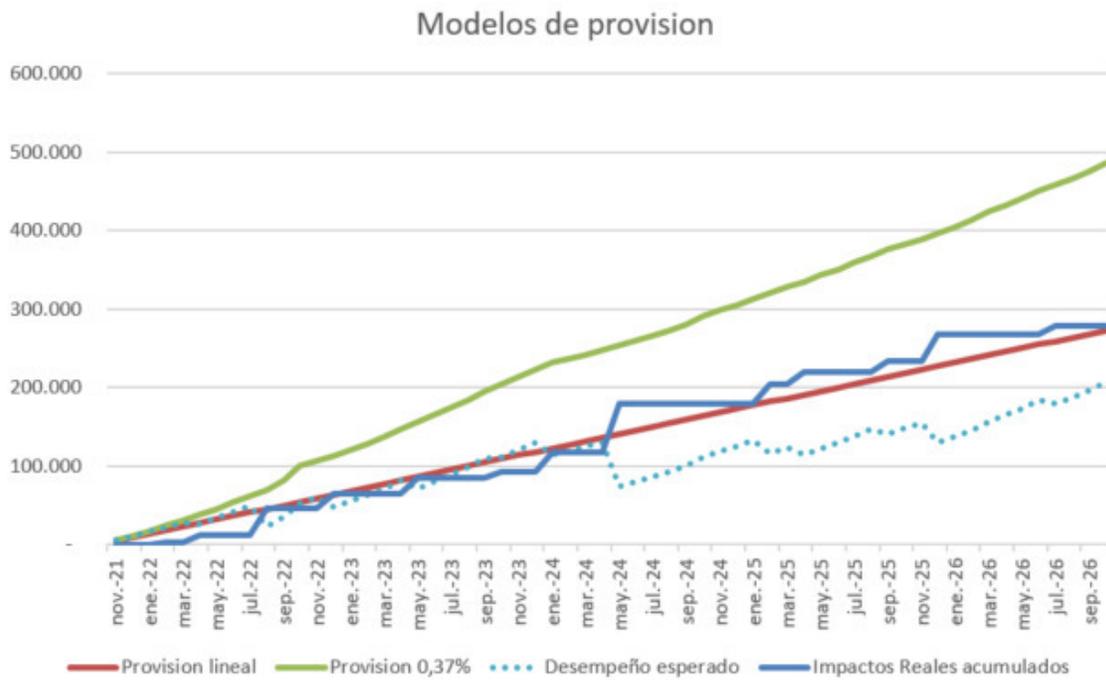


Figura 12. Ejemplo de una esperada gestión de riesgos (Elaboración propia)

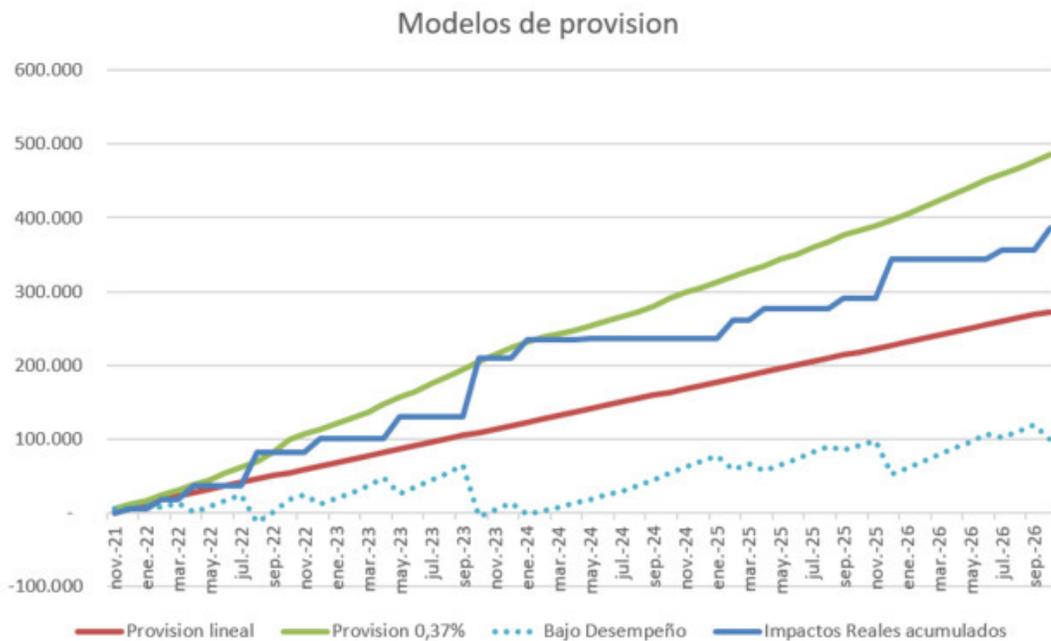


Figura 13. Ejemplo de una mala gestión de riesgos (Elaboración propia)

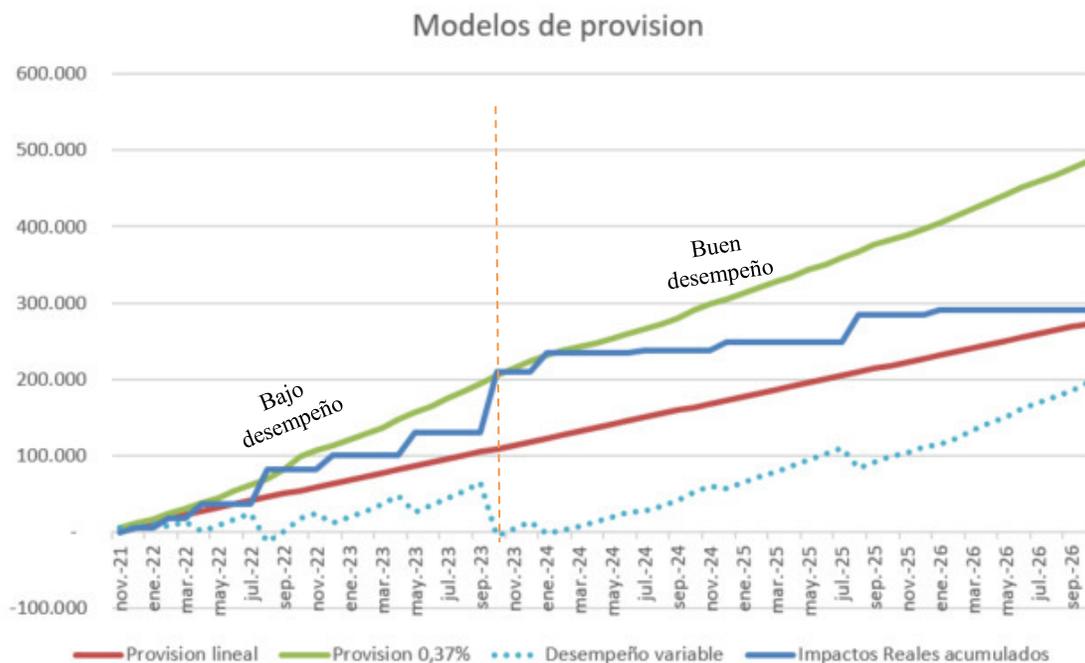


Figura 14. Ejemplo de una gestión de riesgos variable (Elaboración propia)

Esta última grafica permite ver que en el periodo entre noviembre de 2021 y noviembre de 2023 se materializaron una gran cantidad de riesgos que obligaron a liberar la totalidad de la provisión realizada, que a su vez, está por encima de la provisión lineal, es decir, si se hiciera un corte al final de ese periodo se podría concluir que el sobrecosto incurrido por riesgos materializados superó el planeado y por ende es muestra de un bajo desempeño gerencial. Por otro lado, en el periodo restante (Nov-23 a Nov-26) la liberación de dinero por materialización de riesgos disminuye considerablemente, logrando al final llegar a casi el mismo valor planeado, básicamente, la gestión mejora y se logra estar muy cerca de la meta propuesta aun con el bajo desempeño inicial.

Capítulo 8

Conclusiones y recomendaciones

La principal conclusión de este documento es que, con base en el manejo de riesgos desarrollado, es viable ejecutar el contrato de mantenimiento y operación de la vicepresidencia regional central de Ecopetrol S.A. bajo el esquema de riesgos generado.

La gestión preventiva de riesgos es un proceso clave para aumentar las probabilidades de éxito en el desarrollo de cualquier proyecto, en especial los de gran complejidad. Para el contrato de mantenimiento y operación de la vicepresidencia regional central de Ecopetrol S.A. se logró determinar la exposición sin mitigar, una serie de actividades y estrategias a desarrollar durante la ejecución del contrato para reducir la exposición y finalmente un modelo de provisiones sencillo, flexible y que permita un manejo mucho más estable de los resultados mensuales del contrato.

Debido a la naturaleza probabilística de la gestión de riesgos, estimar el valor de contingencia necesario puede ser una tarea complicada y con una gran variabilidad, sin embargo, los pasos desarrollados en este documento facilitan en gran medida este proceso y además se plantea un modelo sencillo que permite provisionar una cantidad aceptable en términos de flujo de caja de la compañía y que ayudaran al gerente a mantener los resultados esperados independientemente de estos factores inciertos.

\$246.097 USD, es el valor de contingencia necesario para la ejecución del contrato, el cual surge como resultado de todo el proceso de cuantificación presentado y corresponde al 0,37% del valor del contrato. De cierta forma este valor es el mínimo que debe incluirse en el costo del servicio, por lo que el valor de imprevistos del AIU debe ser como mínimo 0,37%.

Es necesaria una validación completa de la información una vez el proceso licitatorio sea adjudicado, ya que pueden existir nuevas condiciones, cambios en el alcance o incluso oportunidades que disminuyan algunos de los riesgos ya identificados, sin embargo, con la información utilizada para este documento es importante resaltar el posible impacto que tendrían los riesgos 3, 6 y 13. Más aun, es clave resaltar las acciones de mitigación 3.3, 3.9, 6.6 y 13.4 y la relevancia que tiene una rápida aplicación de las mismas por parte de la gerencia del contrato de forma que se mitigue el grueso del riesgo rápidamente.

Lista de referencias

- Anderson, D. R. (Ed.). (2010). *Quantitative methods for business* (11th ed). South-Western Cengage Learning.
- Aven, T., & Renn, O. (2010). Risk Management. En T. Aven & O. Renn, *Risk Management and Governance* (pp. 121-158). Springer Berlin Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-13926-0_8
- Chapman, C., & Ward, S. (2003). Constructively simple estimating: A project management example. *Journal of the Operational Research Society*, 54(10), 1050-1058. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601610>
- Dirk-Jan Voorn. (29 de 7 de 2019). Risk Reps Training Session - Latam
- Harrison, R. L., Granja, C., & Leroy, C. (2010). *Introduction to Monte Carlo Simulation*. 17-21. <https://doi.org/10.1063/1.3295638>
- Hasper Tabares, J., Correa Jaramillo, J., Benjumea Arias, M., & Valencia Arias, A. (2017). Tendencias en la investigación sobre gestión del riesgo empresarial: Un análisis bibliométrico. *Revista Venezolana de Gerencia*, 22(79), 506.
<https://doi.org/10.31876/revista.v22i79.23036>
- ISO - 2009—*Risk management—Principles and guidelines.pdf*. (s. f.).
- Payo, M. (2007). *La gerencia de riesgos*. Barcelona
- Rasmussen, J. (1997). Risk management in a dynamic society: A modelling problem. *Safety Science*, 27(2-3), 183-213. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(97\)00052-0](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(97)00052-0)
- Raychaudhuri, S. (s. f.). *INTRODUCTION TO MONTE CARLO SIMULATION*. 10.

Rezaie, K., Amalnik, M. S., Gereie, A., Ostadi, B., & Shakhsheniaee, M. (2007). Using extended Monte Carlo simulation method for the improvement of risk management: Consideration of relationships between uncertainties. *Applied Mathematics and Computation*, *190*(2), 1492-1501.

<https://doi.org/10.1016/j.amc.2007.02.038>

Tocabens, B. E. (s. f.). *Definiciones acerca del riesgo y sus implicaciones*. 12.

Tupa, J., Simota, J., & Steiner, F. (2017). Aspects of Risk Management Implementation for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, *11*, 1223-1230.

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.248>

Anexos

Anexo 1. Identificación, cuantificación y mitigación de riesgos

Anexo 2. Cálculo de remanentes y contingencia de riesgo

Anexo 3. Simulación de Monte Carlo

Anexo 4. Seguimiento a la ejecución