

VALORACIÓN DEL RIESGO EN PROYECTOS DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

GUSTAVO ADOLFO LONDOÑO SALAZAR

Director: ÁLVARO JULIO CUADROS



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA
ÉNFASIS EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2020**

Contenido

1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	7
2. OBJETIVOS	10
2.1. Objetivo general	10
2.2. Objetivos específicos	10
3. MARCO DE REFERENCIA	11
3.1. Gestión de riesgos	11
3.2. Identificación de los riesgos en proyectos de TI	13
3.3. Principales metodologías para la identificación de los riesgos	13
3.4. Factores de riesgo en la gestión de proyectos.....	14
3.5. Caracterización teórica y práctica de los riesgos.....	16
3.6. Simulación Montecarlo	16
4. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS	17
5. CARACTERIZACIÓN DE LOS MODELOS CUALITATIVOS Y CUANTITATIVOS	20
5.1. Metodologías para el análisis cualitativo y cuantitativo	20
5.1.1. Análisis cualitativo	20
5.1.2. Análisis cuantitativo	23
5.2. Ventajas y desventajas de las herramientas de cualificación y cuantificación	24
5.3. Elaboración del modelo	25
6. IMPACTO DE LOS RIESGOS	29
6.1. Panel de expertos.....	29
6.2. Análisis cualitativo	31
6.3. Definición de probabilidad e impacto de los riesgos priorizados.....	35
6.4. Caso de estudio 1	36
6.4.1. Determinación del grado de influencia de los riesgos sobre las actividades	37
6.4.2. Resultados de la simulación.....	39
6.4.3. Comparación de simulaciones.....	42
6.4.4. Priorización de los riesgos	44
6.5. Caso de estudio 2	45
6.5.1. Determinación del grado de influencia de los riesgos sobre las actividades	46
6.5.2. Resultados de la simulación.....	47
6.5.3. Comparación de simulaciones.....	50
6.5.4. Priorización de los riesgos	52

7. CONCLUSIONES.....	54
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
9. ANEXOS	58
Anexo 1. Cuestionario clasificación de los riesgos utilizado en las reuniones con los expertos ..	58
Anexo 2. Hoja de cálculo con cuestionario de cualificación de los riesgos.....	59
Anexo 3. Lista de riesgos identificados	60
Anexo 4. Riesgos seleccionados para el estudio de cualificación.....	68
Anexo 5. Relaciones de las actividades con los riesgos priorizados	71
Anexo 6. Probabilidades de los riesgos asociados a la EDT	73
Anexo 7. Duraciones PERT	74

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1. Proyectos exitosos, discutidos y fracasados.	9
Ilustración 2. Entregas de actividades de un grupo de proyectos de TI.	10
Ilustración 3. Descripción general de la gestión de los riesgos en proyectos.	12
Ilustración 4: Pasos para el proceso RFMEA.	22
Ilustración 5. Dispersión de los riesgos.	34
Ilustración 6. Distribución de la duración del proyecto con riesgos y sin riesgos, caso 1.	40
Ilustración 7. Días añadidos al plan considerando los riesgos. caso 1.	41
Ilustración 8. Diagrama de tornado caso 1	41
Ilustración 9. Gráfico de tornado sobre el impacto de los riesgos en las actividades del caso 1	44
Ilustración 10: Distribución de la duración del proyecto con riesgos y sin riesgos.	48
Ilustración 11: Días añadidos al plan considerando los riesgos.	49
Ilustración 12. Diagrama de tornado.	49
Ilustración 13. Gráfico de tornado sobre el impacto de los riesgos en las actividades.	53

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Principales factores de riesgo	15
Tabla 2. Riesgos identificados en la documentación de proyectos similares.	17
Tabla 3. Principales autores consultados.	18
Tabla 4. Categorización de los riesgos en la RBS.	19
Tabla 5. Métodos cualitativos para el análisis de los riesgos.	21
Tabla 6. Herramientas comúnmente utilizadas para la cuantificación de los riesgos.	23
Tabla 7. Ventajas y desventajas de los análisis de cualificación y cuantificación.	24
Tabla 8. Estructura de probabilidad para los riesgos.	26
Tabla 9. Parámetros de entrada, grados de influencia de los riesgos sobre las actividades.	26
Tabla 10. Impacto de los riesgos sobre el calendario.	28
Tabla 11. Expertos encuestados	29
Tabla 12. RBS de los riesgos seleccionados.	31
Tabla 13. Matriz de Impactos para los factores de riesgo.	32
Tabla 14. Matriz de probabilidad para los factores de riesgo.	33
Tabla 15. Matriz de detección para los factores de riesgo.	33
Tabla 16. Riesgos priorizados cualitativamente.	34
Tabla 17. Duraciones de los riesgos como impacto en las actividades.	35
Tabla 18. Probabilidad de ocurrencia de los riesgos priorizados.	36
Tabla 19. Duración determinística del proyecto en el caso de estudio 1.	37
Tabla 20. Grados de influencia de los riesgos sobre las actividades del proyecto caso 1	38
Tabla 21. Resultados estadísticos de las salidas de la simulación en el caso 1	39
Tabla 22: Resumen de las simulaciones considerando los riesgos caso 1	42
Tabla 23: Resumen de las simulaciones sin considerar los riesgos caso 1	42
Tabla 24. Resumen de las simulaciones para los días añadidos al plan por el impacto de los riesgos caso 1.	43
Tabla 25. Jerarquía de los riesgos en las simulaciones caso 1.	43

Tabla 26. Riesgos priorizados según rango de variabilidad de la media de la duración total del proyecto basado en el diagrama de tornado caso 1.	44
Tabla 27. Duración determinística del proyecto en el caso de estudio 2.	45
Tabla 28. Grados de influencia de los riesgos sobre las actividades del proyecto.	46
Tabla 29. Resultados estadísticos de las salidas de la simulación, caso 2.....	47
Tabla 30. índice de criticidad de los paquetes de trabajo en el caso 2.	50
Tabla 31. Resumen de las simulaciones considerando los riesgos, caso 2.....	50
Tabla 32. Resumen de las simulaciones sin considerar los riesgos, caso 2.....	51
Tabla 33. Resumen de las simulaciones para los días añadidos al plan por el impacto de los riesgos, caso 2.....	51
Tabla 34. Jerarquía de los riesgos en las simulaciones para el caso 2.....	52
Tabla 35. Riesgos priorizados según rango de variabilidad de la media de la duración total del proyecto basado en el diagrama de tornado, caso 2.	53

PALABRAS CLAVE

Riesgos, proyectos, Montecarlo, gestión de proyectos, gestión de riesgos.

RESUMEN

En la gestión de proyectos de tecnologías de la información (TI) se presentan eventos no considerados (riesgos) que de no tenerse en cuenta pueden afectar el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Es con este objetivo que se presenta un estudio en el cual se identifican los principales riesgos en los proyectos de TI a partir de la revisión a la literatura y el juicio de expertos, posteriormente se expone la metodología de análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos proponiendo un modelo de simulación montecarlo para su priorización.

INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de ser mejores, las organizaciones desarrollan constantemente soluciones tecnológicas que, durante el ciclo de vida del proyecto y del desarrollo de software, contemplan actividades que se pueden considerar de alto riesgo, encontrándose frecuentemente con retos como lo son la obsolescencia de tecnologías, lo cambios de último momento, y la escasez de personal especializado en TI. Es por esto por lo que las organizaciones que desarrollan soluciones de TI se están enfrentado a desafíos nunca vistos y se hace necesario desarrollar metodologías que permitan valorar y gestionar los riesgos de una mejor manera.

El empleo de la gestión de riesgos en proyectos toma cada vez más relevancia por parte de los gerentes de proyecto. Ella puede marcar una gran diferencia entre el éxito o no del cumplimiento de los objetivos del proyecto. Incluso la gestión de riesgos en proyectos es un requisito principal para la certificación en Project Management Professional (PMP) al ser considerada un área de conocimiento crítica para la gestión de proyectos. Es en este sentido que los gerentes de proyecto intentan encontrar las interrelaciones de la gestión de proyectos con los procesos del proyecto y se preocupan por identificar las herramientas y técnicas frecuentemente utilizadas para realizar esta gestión, buscando garantizar el éxito con los objetivos pactados.

En la literatura, se identifican varios factores de riesgo que habitualmente son consolidados en listas de verificación y marcos de clasificación (Bannerman 2008), además de extenderse los estudios en el uso y de diferentes herramientas y para la gestión de riesgos, modelos de procesos que están muy extendidos en teoría y práctica.

Cómo resultado de estos estudios se ha identificado que las tasas de fracaso de los proyectos de tecnologías de la información siguen siendo altas a pesar de las crecientes inversiones en sistemas de información y su importancia para las organizaciones contemporáneas. Según el Chaos Report, solo el 39 por ciento de los proyectos de tecnologías de la información tuvieron éxito, es decir, se completaron a tiempo, dentro del presupuesto y el alcance esperado. Otro 43 por ciento de los proyectos fueron desafiados, es decir, completados y operativos, pero con un presupuesto excesivo, sobre el tiempo estimado, y ofrecen menos características y funciones que las especificadas originalmente. El 18 por ciento restante de los proyectos de software ha fracasado, es decir, se cancelaron antes de completarse o se entregaron y nunca se utilizaron. Al considerar solo proyectos grandes de software, solo el 10 por ciento tuvo éxito, el 52 por ciento fue desafiado y el 38 por ciento fracasó. Esto es al menos preocupante, ya que el fracaso de grandes proyectos de software puede afectar negativamente a toda la empresa implementadora (Vrhovec et al. 2015).

Es en este sentido que se pretende seleccionar una metodología de valoración del riesgo que permita el estudio de los riesgos en proyectos de tecnología específicamente en el sector salud, de tal manera que se evalúe el impacto de riesgos seleccionados.

En un seguimiento realizado por un experto en TI en el sector salud, se evidenció que las actividades dentro de los paquetes de trabajo, en un 57 por ciento de las veces son entregadas por fuera de los tiempos y una vez culminadas el 63 por ciento requirió algún tipo de reproceso por inconformidad en el entregable.

Para abordar la problemática, como primer paso se planteó la metodología para la identificación de los riesgos a partir de la revisión bibliográfica y las fuentes de riesgos disponibles en la organización del caso de estudio, posteriormente se realizó una clasificación y priorización cualitativa con el apoyo de los expertos.

El segundo paso desarrolla un modelo de cuantificación de los riesgos utilizando la simulación Montecarlo con el objetivo de estimar los impactos ante la ocurrencia de eventos inciertos en un proyecto de TI.

Finalmente, se evalúan los resultados de la simulación y los impactos causados en las actividades del proyecto dada la influencia de riesgos priorizados en las actividades del proyecto.

1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Desde 1994 el informe del caos (Chaos Report) es publicado anualmente por el The Standish Group, exponiendo el grado de éxito que se ha alcanzado en la gestión de proyectos, en los cuales se evalúan los principales aspectos del éxito o fracaso de los proyectos. En el reporte

del caos se plantea una cualificación de los factores relevantes que, con el trabajo de expertos o ejecutivos en tecnologías de la información, brindan estadísticas detalladas de los factores causales de éxito y fracaso, especialmente en proyectos de tecnologías de la información, siendo un punto de referencia importante para la identificación de riesgos en proyectos de TI (López 2016).

En el desarrollo de tecnologías de la información (TI) se organizan proyectos los cuales tienen objetivos claros y definidos entre un usuario y un equipo desarrolladores de las tecnologías, pretendiendo con los productos del proyecto un impacto importante bien sea en lo económico, político o social. Sin embargo, en el desarrollo del proyecto, existen múltiples elementos que adicionan la posibilidad de que un contratiempo pueda presentarse, dando como resultado desviaciones en los objetivos y metas planteadas (Pérez Moya and Zulueta Véliz 2013)

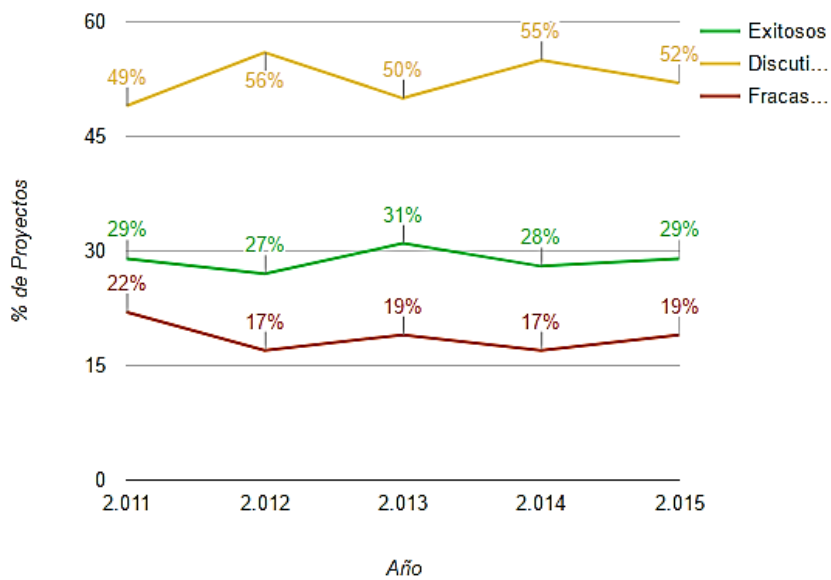
Según encuestas de los últimos 15 a 20 años la tasa de fracaso de los proyectos de TI se encuentra entre el 40% al 50% incluso a pesar de la incursión de nuevas tecnologías, de métodos innovadores, herramientas y diferentes metodologías de gestión que parecen no tener efectos importantes. Estas tasas de fracasos en los proyectos se dan por el considerar los proyectos de TI como únicos; cuando en realidad estos sólo difieren en las personas, algunos acontecimientos y detalles, siendo muy similares a niveles altos y estratégicos (Bennet and Larssen 2006)

Las desviaciones en las tasas de éxito y fracaso de los proyectos igualmente son estudiadas en detalle por The Standish Group en su reporte anual de Chaos Report revela que solo el 9% de las empresas grandes con proyectos de TI tuvieron éxito y obteniendo mejores resultados las empresas medianas y pequeñas con 16,2% y un 28% respectivamente. Un gran porcentaje el 61,5% de todos los proyectos de TI fueron cambiados o replanteados, en las medianas empresas el 46,7% y en las pequeñas 50,4% (López 2016).

Por otro lado, el reporte del caos expone que los proyectos de TI que iniciaron y se deterioraron y cancelaron (proyectos fracasados) representan el 37,1% en las empresas medianas, comparado contra el 29,5% en las grandes y el 21,6 en pequeñas empresas organizaciones (López 2016)

Los resultados del reporte del caos no son alentadores en 2015, se estudiaron más de 50.000 proyectos de diferentes envergaduras, tomando desde las más pequeñas ideas de mejoramiento, hasta colosales proyectos de ingeniería, de los cuales se obtiene que tan solo el 29% fue exitoso y la tasa de fallo ronda en el 19% quedando un restante de 52% con un éxito incierto sobre si tuvieron realmente éxito o fueron un completo fracaso.

Ilustración 1. Proyectos exitosos, discutidos y fracasados.



Fuente: Tomado del informe del Caos 2015 (López 2016)

En la Ilustración 1 se observan las estadísticas del Chaos Report con una tendencia que parece no avanzar o presentar alguna mejoría y su tendencia se puede observar cómo constante al comparar los resultados con las anteriores publicaciones, el éxito es cercano al 29%, el fracaso al 19% y las estadísticas de los proyectos discutidos entorno al 50%.

El éxito y fracaso de los proyectos es determinado por el impacto de los riesgos en los objetivos planteados y en la necesidad de los gerentes de controlar estas influencias se ha incrementado el interés por estudiarlos, convirtiéndose la gestión de los riesgos en un elemento crítico en los sistemas organizacionales, los cuales se encuentran expuestos a múltiples factores que se deben considerar de manera detallada y cuidadosa, buscando mitigar los impactos negativos dada su ocurrencia incierta (Sanz and Silva 2014).

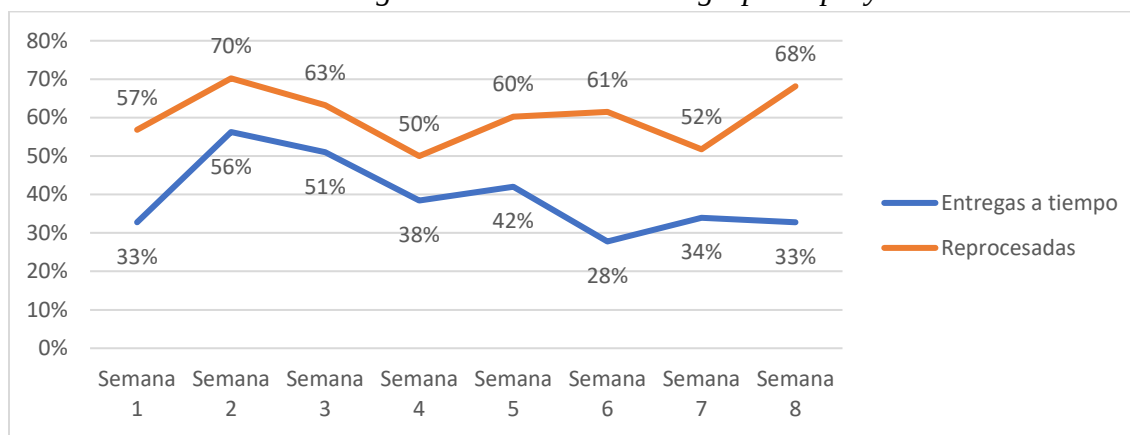
Es en este sentido que la gestión del riesgo en proyectos cuenta con diferentes estudios que han demostrado un interés por parte de los equipos de trabajo y organizaciones por considerar mejor los riesgos en la gestión de proyectos; sin embargo, se resaltan serias carencias en la aplicación y actitudes que no favorecen la disciplina de gestión (Sanz & Silva, 2014).

En el ámbito local la problemática no es ajena, tomando como referencia la información suministrada por una empresa de desarrollo de tecnologías de la información que presta servicios de mantenimiento, desarrollo de soluciones informáticas e innovación tecnológica específicamente en el sector salud, se evidencia que en su histórico de información tan solo el 43% de los productos fueron entregados en los tiempos acordados con el cliente y de estos, aproximadamente el 63,3 % requirió en algún momento un reproceso o ajuste acordado por

el cliente que podríamos entender como un evento de insatisfacción o de acuerdo al gerente de proyectos de la empresa.

El comportamiento de 8 semanas en los entregables de las actividades de un grupo de proyectos de TI, se puede observar en la Ilustración 2 en la cual se evidencia un comportamiento decreciente en la oportunidad de las entregas en las actividades y una participación creciente de las actividades entregadas a tiempo que deben ser reprocesadas, esto sin contar las actividades que no se entregaron en los tiempos establecidos que representan cerca del 57% en promedio.

Ilustración 2. Entregas de actividades de un grupo de proyectos de TI.



Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados anteriores en el desarrollo de proyectos de TI, se hace necesaria la identificación y valoración del riesgo por medio de modelos sistemáticos con soporte estadístico que permitan tener en cuenta durante las fases de evaluación y ejecución del proyecto, los posibles riesgos, su cualificación y su cuantificación intentando reducir la incertidumbre que se puede generar en la estimación de las necesidades de un proyecto y que, de no considerarse, pueden afectar negativamente la percepción de valor de los productos e incluso los intereses financieros de las organización.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Diseñar un modelo para la evaluación del riesgo en un grupo de proyectos de tecnologías de la información del sector salud.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar los riesgos relevantes en proyectos de tecnologías de la información a través del juicio de expertos y la revisión bibliográfica en proyectos de tecnologías de la información.
- Caracterización de modelos cualitativos y cuantitativos posibles de aplicarse en el sector de tecnologías de la información en el sector salud, mediante la revisión a la literatura y casos aplicados en proyectos de evaluación de riesgos en proyectos.
- Evaluar el impacto de los riesgos identificados en un grupo de proyectos seleccionados, mediante la aplicación de una propuesta metodológica que combine el análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos.

3. MARCO DE REFERENCIA

Como base para el estudio, se realizó una revisión a la literatura de los principales métodos y herramientas utilizadas en la gestión de riesgos de proyecto en TI. Con ésta revisión se reforzaron elementos metodológicos que fueron fundamentales para la elaboración del modelo propuesto.

Como parte de la revisión se partió de aspectos básicos de la gestión de riesgos en proyectos lo cual sirvió para definir una estructura clara del paso a paso metodológico y de las fuentes de información necesarias para la identificación de los riesgos.

3.1. Gestión de riesgos

Para iniciar con la gestión de riesgos, es importante definir qué es un riesgo, describiéndolo como todo aquello que puede ocurrir y que nos puede implicar el incumplimiento de un objetivo del proyecto, y buscando unificar criterios se hace referencia a las principales definiciones. Según la Guía PMBOK en su sexta edición, un riesgo de un proyecto es “un evento o condición incierta, que, si ocurre, afecta negativa o positivamente a uno o más de los objetivos del proyecto” (PMI 2016).

Estos objetivos, tradicionalmente se han asociado en la restricción de proyectos que contempla el alcance tiempo y costo; sin embargo, con los años esta ha evolucionado gestionándose en cuanto al alcance, tiempo, costo, calidad, recurso humano y riesgos.

La definición del estándar ISO 31000 es similar: “riesgo es el efecto de la incertidumbre sobre los objetivos”. El riesgo que popularmente se identifica es el riesgo negativo, el cual puede generar una situación no deseada para el logro de los objetivos del proyecto; por otro lado, los riesgos positivos, menos tratados, pueden brindar oportunidades haciendo interesante la pregunta de ¿Qué oportunidades hay?

Y si bien la gestión de riesgos busca tratar los riesgos antes de que estos se vuelvan un problema, también es preocuparse de ser reactivos más que proactivos, incluyendo las actividades de planificar la forma en que se van a gestionar los riesgos, lo cual metodológicamente implica identificar, documentar y analizar los riesgos para posteriormente planificar cómo enfrentarlos, implementar los planes, y luego supervisarlos.

El PMBOK, como se puede observar en la Ilustración 3 se establece procesos clásicos de gestión de riesgos que se vinculan y asocian estrechamente con la gestión de riesgos en operaciones, muy de conformidad con la ISO 31000 de 2018 el cual brinda directrices para la gestión de riesgos en operaciones.

Ilustración 3. Descripción general de la gestión de los riesgos en proyectos.



Gráfico 11-1. Descripción General de la Gestión de los Riesgos del Proyecto

Fuente: Tomado de PMBOK sexta edición (PMI 2016)

Con las directrices de la Ilustración 3 especificadas en la guía del PMBOK (2016), el presente trabajo estructuró las fuentes que se consideraron como muy importantes para la identificación de los riesgos en los proyectos, que complementaron la revisión bibliográfica de los riesgos. Se destacó igualmente el aporte en las etapas de planificación de los riesgos, identificación de los riesgos, análisis cualitativo y análisis cuantitativo.

3.2. Identificación de los riesgos en proyectos de TI

La identificación de los riesgos es un proceso que debe realizarse considerando el ciclo de vida del proyecto, que consiste en identificar los riesgos individuales del proyecto y las fuentes de incertidumbre registrando sus características, de tal forma que se genera un nuevo listado de riesgos que posteriormente se reducirá cuando los riesgos sean analizados por un grupo de expertos.

Por lo general los portafolios o programas de proyectos, presentan riesgos comunes para los proyectos, es decir, es común encontrar riesgos compartidos, esto es un motivo de aprovechamiento para la identificación de los riesgos en cada proyecto, dado que se identifican riesgos compartidos a partir de diferentes fuentes como las listas de riesgos, las lecciones aprendidas, la literatura, el marco legal, el conocimiento de expertos, entre otros, facilitando el levantamiento de riesgos.

Es de resaltar que las fuentes de riesgos dependen del tipo del proyecto y de allí que típicamente se pueden enfocar los esfuerzos en ciertas áreas involucradas con los proyectos de TI como lo son los riesgos asociados a las tecnologías, al talento humano, a los procesos de negocio, cultura organizacional, entre otros y que como ya se mencionó anteriormente, pueden ser de impacto en un grupo de proyectos.

Una vez identificados y listados los riesgos, se generan grandes listados de riesgos que se hacen difíciles de analizar, por lo tanto se identifican los factores de riesgo para facilitar su gestión efectiva agrupando los riesgos para resolver este problema (Bannerman 2008). La agrupación de los riesgos en factores se puede realizar utilizando un marco de clasificación de acuerdo con diferentes criterios, por ejemplo, su fuente percibida (Buchtik 2012a).

En el siguiente numeral se exponen las metodologías comúnmente utilizadas para la identificación de amenazas, la agrupación por factores de riesgo y se culmina con una caracterización teórica y práctica para los riesgos identificados.

3.3. Principales metodologías para la identificación de los riesgos

Para la identificación de riesgos el PMI plantea revisiones a la documentación, técnicas de recopilación como la tormenta de ideas, Delphi, entrevistas; análisis de listas de verificación, supuestos, análisis DOFA y el juicio de expertos, adicionalmente se recopilan otras herramientas que se mostraran en este capítulo.

La identificación de riesgos es un proceso iterativo porque pueden conocerse nuevos riesgos a medida que el proyecto avanza a lo largo de su ciclo de vida, los riesgos identificados previamente pueden desaparecer y otros riesgos pueden actualizarse (Caltrans 2012).

Como ayuda para la etapa de identificación, se realiza una revisión a las metodologías más mencionadas para la identificación de los riesgos y para su escogencia primó la fácil utilización y aplicabilidad en entornos organizacionales que cuentan con poco tiempo para esta actividad, dado que por lo general se requiere de personal muy calificado y con experiencia en el proyecto que sea de utilidad para la identificación con calidad de los riesgos.

Cómo resultado de la revisión se identifican las principales técnicas y herramientas destacadas en la literatura y que se muestran a continuación:

- Taller de identificación de riesgos
- Lluvia de ideas y mapas mentales
- Entrevistas semiestructuradas
- Consultas a expertos
- Estructura de desglose de los riesgos (RBS) y categorías de riesgos de proyectos
- Análisis de hipótesis
- Análisis de check list de riesgos
- Análisis de la EDT
- Panel de expertos, Método Delphi
- Análisis causal o de causa raíz
- Diagrama de causa y efecto
- Análisis DAFO, FODA o DOFA
- Diagrama de procesos
- Árbol de fallas
- Diagrama de influencias
- Análisis de campo de fuerzas
- Documentos del proyecto y lecciones aprendidas
- Diagrama de afinidad
- Listas de chequeo

3.4. Factores de riesgo en la gestión de proyectos

La determinación más común de los factores de riesgos en proyectos de TI está en términos de exposición a factores tanto internos como externos que pueden crear incertidumbre sobre el logro de los objetivos y los resultados esperados (Bannerman 2008).

Como resultado de la revisión a la literatura se encuentran diversos factores de riesgo que puedan llevar a un fracaso del proyecto, ver la Tabla 1.

Tabla 1. Principales factores de riesgo

(Bannerman 2008)	(Bennet and Larssen 2006)	(EALDE 2017)
Gestión del proyecto	Administración	Aparición de nueva tecnología.
Configuración del proyecto	Análisis	Dependencia elevada y compleja entre proyectos.
Compromiso de la gerencia	Desarrollo	Objetivos poco claros.
Propiedad empresarial	Equipos	Falta de apoyo de la alta dirección.
Gestión de proyectos	Implementación	Falta de compromiso e involucramiento de los distintos stakeholders o interesados del proyecto.
Gestión del cambio	Operaciones y soporte	Alineamiento inexistente entre el proyecto y los objetivos estratégicos de la organización.
Reconocimiento de alertas.	Operativos	Tiempo y/o presupuesto no determinados.
Gestión de riesgos	Paquetes de software	Ausencia de medición del desempeño.
Estimación de beneficios	Problemas externos y riesgos	Comunicación poco efectiva.
	Problemas y riesgos en actividades específicas de TI	Mala administración del proyecto.
	Proyectos	
	Resistencia al cambio	
	Sede	
	Tecnología	
	Unidades de negocio	

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Caracterización teórica y práctica de los riesgos

Existen diversas formas de caracterizar los riesgos de un proyecto, generalmente se realiza dependiendo de la causa raíz común, del área del proyecto que se encuentra afectada o por categorías consideradas útiles que son previamente definidas en la planificación de los riesgos (se suelen caracterizar igualmente en fases del proyecto, de acuerdo con el presupuesto, ente otros). La caracterización se usa como un ejercicio práctico que permite determinar las áreas del proyecto que están más expuestas a la incertidumbre, a fin de poder enfocar los esfuerzos en grupos de riesgos y así generar los controles pertinentes y de ser posible contrarrestarlos.

Metodológicamente se destaca el uso de la RBS expuesta en el PMBOK (2016) como herramienta de caracterización de los riesgos, además de ser fácilmente homologable al ser una estructura genérica para todo tipo de proyectos, además de la RBS también es posible caracterizar de acuerdo con la siguiente lista:

- Caracterización según la estructura de desglose de los riesgos (RBS)
- Según la fase del proyecto (inicio, planeación, ejecución y cierre)
- Marcos personalizado de caracterización de riesgos (ad hoc)
- Caracterización por grado de incertidumbre o por severidad
- Ciclo de desarrollo de software

Desde la experiencia personal se agrega que el ciclo de desarrollo de software es una opción viable para la caracterización de riesgos en proyectos de TI, dado que destaca las principales etapas del proceso, motivo por el cual se tiene en cuenta para el modelo desarrollado.

3.6. Simulación Montecarlo

La simulación Montecarlo es una técnica de análisis comúnmente utilizada en la gestión de riesgos que combina el uso de datos históricos con el aporte de expertos en temas específicos del proyecto para de esta manera asignar una probabilidad de ocurrencia a un riesgo durante el ciclo de vida del proyecto.

La simulación Montecarlo por otra parte, permite al gerente del proyecto examinar escenarios de los posibles contratiempos que se puedan presentar en la ejecución del proyecto, incluso antes de iniciar la primera tarea, permitiendo realizar los ajustes que se consideran durante su ejecución hasta su finalización (Faris and Patterson 2007) .

Por su parte, @Risk como complemento en conjunto con Microsoft Project y Microsoft Excel, permite realizar análisis mediante la simulación Montecarlo sobre las actividades que contemplan incertidumbres por la ocurrencia de eventos inciertos (Weishaar 2018).

4. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

La identificación de los riesgos se realizó conforme a las metodologías que se describieron en el numeral 3.3 ubicado en la página 13, del cual se utilizaron:

- Documentos del proyecto y lecciones aprendidas (incluyendo información de proyectos similares)
- Consulta a expertos.

Como resultado se obtuvieron 24 riesgos, en la documentación de TI en proyectos similares y de los análisis de impacto (BIA):

Tabla 2. Riesgos identificados en la documentación de proyectos similares.

Demasiado trabajo sin planificar en el proyecto	Documento fuente
Falta de integración con la tecnología.	Matriz de riesgos proyecto
Incompatibilidad de las tecnologías en cuanto a funcionalidades potenciales	Matriz de riesgos proyecto
Limitaciones o falta de recursos para hacer la planificación.	Matriz de riesgos proyecto
Requerimientos incompletos	Matriz de riesgos proyecto
Tiempo inadecuado para obtener los requisitos	Lecciones aprendidas Matriz de riesgos proyecto
Usuarios con falta de conocimiento de sus propios procesos	Matriz de riesgos proyecto Análisis de impacto al negocio (BIA)
Características y funciones ofertadas que no están en el entregable final	Matriz de riesgos proyecto
Documentación inadecuada del producto	Lecciones aprendidas Análisis de impacto al negocio (BIA)
Falta de entrenamiento calificado en uso del paquete de software	Lecciones aprendidas
Exceso de responsabilidad en una persona	Matriz de riesgos proyecto Análisis de impacto al negocio (BIA)
Salida de una persona clave	Matriz de riesgos proyecto Análisis de impacto al negocio (BIA)

Usuarios que no están disponibles para participar en la implementación	Lecciones aprendidas
Cambios en los requisitos de último minuto	Lecciones aprendidas Matriz de riesgos proyecto
Formación de usuarios incompleta o inadecuada	Lecciones aprendidas Matriz de riesgos proyecto
Usuarios que resisten el cambio durante la implementación	Matriz de riesgos proyecto
Usuarios que continúan trabajando con el sistema antiguo	Lecciones aprendidas
Pruebas inadecuadas del usuario	Matriz de riesgos proyecto
Las decisiones que se hacen sin el consejo o la participación de los responsables de TI	Lecciones aprendidas
Ausencia de la gerencia en la solución de problemas	Matriz de riesgos proyecto
Demasiado trabajo de emergencia	Lecciones aprendidas Matriz de riesgos proyecto
Usuarios que resisten el cambio	Lecciones aprendidas Matriz de riesgos proyecto
Usuarios que cambian los requisitos con frecuencia	Matriz de riesgos proyecto
Cambios del marco legal vigente	Lecciones aprendidas Análisis de impacto al negocio (BIA)

Fuente. Elaborado por el autor.

Adicionalmente al juicio de expertos y a la documentación de proyectos, se contó con los riesgos en la literatura que se identificaron a partir de los estudios realizados por Song and Jiang (2016), Bennet and Larssen (2006) y McManus (2012), los cuales fueron las fuentes de riesgos principales para el modelo propuesto.

Tabla 3. Principales autores consultados.

Documento	Riesgos	Autor Principal
Risk Management for IT Projects	150	(Bennet and Larssen 2006)
Risks Identification in Embedded Software Development: Evidence from MVBC Project Survey	10	(Song and Jiang 2016)
Risk Management in Software Development Projects	59	(McManus 2012)

Fuente: Por el autor.

En total se identificaron 219 riesgos, los cuales se sometieron a una comparación para poder reducir la ocurrencia de riesgos duplicados, como resultado se obtuvieron 164 riesgos que se pueden consultar en el Anexo 3. Lista de riesgos identificados.

A partir de la información recolectada se plantea la estructura de desglose de los riesgos (RBS) la cual se fundamentó en la estructura propuesta por el PMBOK (2016) mencionada en el numeral 3.5. La RBS propuesta en la Tabla 4 es la representación jerárquica para la descomposición de las fuentes de riesgos identificados.

La estructura de la RBS facilitó a los expertos evaluadores el entendimiento de las fuentes de riesgos u origen de los riesgos identificados tanto en la literatura como en la documentación de proyectos.

La propuesta de RBS se fundamentó en aquellos grupos que son más frecuentes en proyectos de TI de acuerdo con Bannerman (2008) y Bennet and Larssen (2006) mencionados en la Tabla 1, el resultado obtenido es la estructura de la Tabla 4:

Tabla 4. Categorización de los riesgos en la RBS

Nivel 0 de la RBS	Nivel 1 de la RBS	Nivel 2 de la RBS	Riesgos
Proyectos de TI	1. Riesgo técnico	Análisis	9
		Desarrollo	12
		Estimaciones, supuestos y restricciones	2
		Implementación	11
		Paquetes de software	10
		Procesos técnicos	10
		Tecnología	12
	2. Riesgo de gestión	Administración	11
		Dirección de proyectos	13
		Equipos	10
		Gestión de las operaciones	18
		Resistencia al cambio	11
	3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	12
		Sedes	11
		Unidades de negocio	12
	4. Riesgo externo	Normativo	1
Riesgos totales			165

Fuente: Por el Autor.

Como resultado de agrupar los riesgos identificados, se encuentra que la mayor cantidad de riesgos potenciales se ubica en el riesgo técnico, el cual consolidó el 40% de los riesgos identificados seguido del riesgo de gestión con un 38% de los riesgos. El riesgo comercial y riesgo externo agruparon el 21% y 1% respectivamente.

Los 165 riesgos y su clasificación en la RBS se pueden consultar en el Anexo 3. Lista de riesgos identificados.

5. CARACTERIZACIÓN DE LOS MODELOS CUALITATIVOS Y CUANTITATIVOS

A continuación, se realiza una caracterización de modelos cualitativos y cuantitativos con potencial de ser aplicados en proyectos de tecnologías de la información en el sector salud mediante la revisión a la literatura en proyectos.

Posteriormente y a partir revisión de los casos prácticos planteados realizados por Buchtik (2012) se realiza un comparativo de las ventajas y desventajas de aplicar las metodologías cuantitativas de análisis de los riesgos en proyectos.

Finalmente, y con la información recopilada, se planteó el modelo de propuesto para realizar la evaluación cualitativa y cuantitativa de los riesgos en un portafolio de dos proyectos para desarrollos de tecnologías de la información.

5.1. Metodologías para el análisis cualitativo y cuantitativo

Tomar la decisión de realizar el análisis cualitativo o cuantitativo no es nada sencillo, su uso está determinado por múltiples factores que pesan para tomar la decisión de usar uno o ambos métodos de análisis, para lo cual es importante considerar las dimensiones del proyecto, la cantidad de riesgos asociados, la factibilidad económica del estudio de los riesgos, la experiencia o práctica en las metodologías especialmente en aquellas que tienen componentes matemáticos o de simulación. Es por esta razón que se profundizó en las ventajas y desventajas de la implementación del análisis cualitativo o cuantitativo de los riesgos

5.1.1. Análisis cualitativo

Una vez identificados los riesgos, se procede con el análisis cualitativo de los mismos, buscando reducir la lista de riesgos a aquellos que son de mayor impacto para los objetivos del proyecto.

Habitualmente la evaluación de los riesgos involucra un grupo de personas con afinidad en el proyecto quienes en un taller estructurado identifican y discuten los riesgos y evalúan la probabilidad e impacto de los mismos, posteriormente y en ejercicios periódicos en las diferentes etapas del proyecto, se realiza seguimiento a los riesgos para realizar los ajustes que se consideren pertinentes y de ser necesario se incluyen nuevos riesgos para el proyecto; es decir, los riesgos son dinámicos en el tiempo.

Para ampliar un poco más, se expone la Tabla 5 con las herramientas y metodologías de cualificación de los riesgos más utilizadas en la gestión de proyectos, por medio de los cuales se realiza la evaluación inicial de los riesgos identificados, aclarando que su aplicación depende de diversas características como lo son la etapa del proyecto, la naturaleza del riesgo, la experticia en el uso de la herramienta, entre otras.

Tabla 5. Métodos cualitativos para el análisis de los riesgos.

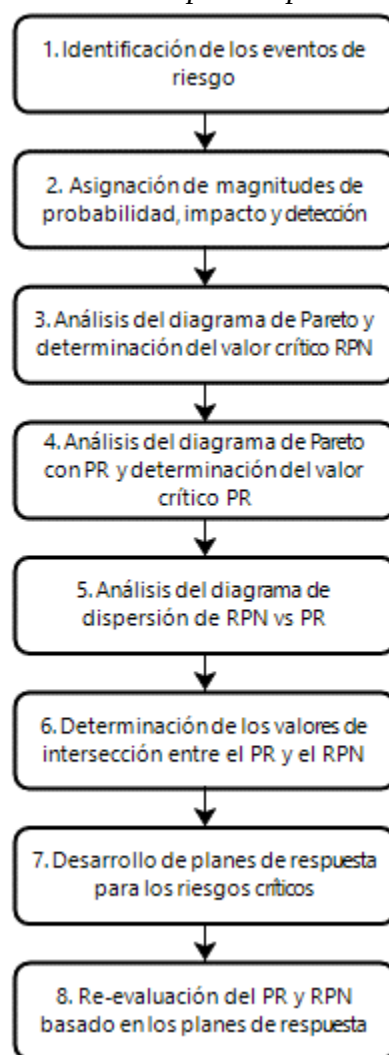
Método Delphi	Análisis del modo y efecto de falla (RFMEA)
lluvia de ideas	Análisis de la fiabilidad del centro de mantenimiento
Entrevistas estructuradas y semiestructuradas	Análisis del impacto en el negocio (BIA)
Listas de verificación	Método de la evaluación de toxicidad
Método del análisis primario de peligros	Análisis causa-efecto
Método BowTie	Método del análisis de escenario
Método HAZOP	Análisis del árbol de fallas
Método Swift	Árbol de decisiones
Análisis de fiabilidad humana	Análisis de árbol de sucesos
Método de causa-raíz (RCA)	Análisis de causa y consecuencia
Método Sneak o análisis de circuito de fugas	Método PREST
Análisis de capas de protección	Matriz de control
Método de análisis de peligros y de puntos críticos de control (HCCP)	Análisis de vulnerabilidad
Método RISICAR	Método SEPTRI
Evaluación de probabilidad e impacto	Matriz de probabilidad e impacto
Matriz doble de probabilidad e impacto	Categorización de los riesgos
Urgencia del riesgo	Calidad de información sobre los riesgos
Consulta a expertos	

Fuente: Adaptado de (Tamayo and Mejía 2016) y (Buchtik 2012)

Para la cualificación de los riesgos se tomó la decisión de usar el método de análisis del modo de efecto y falla (FMEA), usado habitualmente para cuantificar la materialización de los eventos de riesgos en cualquier de las etapas del ciclo de vida del proyecto (inicio, planeación, ejecución y cierre).

Además, el método FMEA es de utilidad al usarlo con un panel de expertos, permitiendo estimar los impactos en el mismo formulario una vez se seleccionaron los riesgos aplicables para el caso de estudio. Para su aplicación se consultó la metodología utilizada por (Carbone and Tippett 2004), la cual se presenta en la Ilustración 4.

Ilustración 4: Pasos para el proceso RFMEA.



Fuente: Traducido y adaptado de (Carbone and Tippett 2004)

El desarrolló de la metodología con el uso dado al RMEA se presenta en el numeral 6.2, realizando algunas adaptaciones para el caso de estudio.

5.1.2. Análisis cuantitativo

El análisis cuantitativo pretende indagar sobre el impacto de los riesgos y las interacciones entre estos sobre los objetivos de los proyectos en cuanto a tiempo y costo, este análisis se aborda después del análisis cualitativo y sobre la lista de riesgos que se ha priorizado.

El análisis cuantitativo es de utilidad dado que permite evaluar las diferentes posibilidades que puede tomar una variable de riesgo, como esta influye en el presupuesto estimado para el proyecto e incluso como puede influir en el cambio de las duraciones del cronograma y de la ruta crítica, brindando probabilísticamente fundamentos para tomar decisiones en las reservas de tiempo y de costo, la creación de objetivos realistas en cuanto a tiempo costo y alcance, para determinar en qué riesgos orientar los esfuerzos y en cuales no y determinar la probabilidad cuantificada de cumplir con los objetivos propuestos.

Entre las técnicas mencionadas por el PMI para realizar el análisis cuantitativo de los riesgos y el modelado se encuentran el análisis de sensibilidad, análisis del valor monetario esperado y finalmente el modelado y simulación en la cual comúnmente se utiliza el análisis Montecarlo.

Tabla 6. Herramientas comúnmente utilizadas para la cuantificación de los riesgos.

Herramientas	Ventajas	Desventajas
Distribuciones de probabilidad	Permiten modelar la incertidumbre, establecer los rangos de los valores de entrada para predecir los valores futuros	Conocimientos en los tipos de distribución, planillas de cálculo y conocimientos en software de simulación
Análisis de sensibilidad y gráficos de tornado	Prioriza las variables críticas que más influyen en los objetivos del proyecto e identificar a que riesgos planificarle respuestas	Analiza las desviaciones de un parámetro a la vez y no la combinación ente éstos
Modelos y simulación Montecarlo	Económica y potente para el análisis de múltiples escenarios, permite pronosticar fechas y costos con mayor certeza, muestra la probabilidad de que ciertas tareas sean parte de la ruta crítica	Aplica solo al costo y al tiempo, dejando a un lado las demás áreas de riesgo, si la información de entrada no es de calidad el modelo no es útil y requiere el uso de software

Árbol de decisión y valor monetario esperado	Fácil de entender, visual y facilita escoger la opción más favorable para el proyecto	Poco práctico con múltiples riesgos (aumento exponencial de alternativas), requiere de un fundamento robusto en las estimaciones para que éstas tengan fundamento
Estimaciones P.E.R.T.	Da un cronograma más realista y preciso incorporando la dispersión en las duraciones y el costo del proyecto, fácil de entender y de usar en Project.	Requiere tres estimaciones por cada tarea crítica para el proyecto, se hace costoso tanto para crear como para mantener por el detalle que precisa

Fuente: Adaptado de (Buchtik 2012a)

5.2. Ventajas y desventajas de las herramientas de cualificación y cuantificación

Habitualmente es el análisis cualitativo el más utilizado, siendo obligatorio en el proceso de la gestión de riesgos en proyectos, y los equipos contratados para tal fin se especializan únicamente en este tipo de análisis, por su parte y dada la complejidad de uso de los modelos cuantitativos, se dejan estos como un análisis opcional que se desarrolla para proyectos de grandes magnitudes o de amplia criticidad.

En la elección de cual modelo usar, si el cualitativo o el cuantitativo, se debe tener en cuenta las bondades y desventajas que presentan estas herramientas, para esto se presenta la siguiente adaptación que se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Ventajas y desventajas de los análisis de cualificación y cuantificación.

Modelo	Ventajas	Desventajas
Análisis cualitativo	Priorizar los riesgos evaluando la probabilidad de que ocurran y el impacto de su ocurrencia	Es subjetivo, se basa en impresiones.
	Es fácil, rápido y de bajo costo. Es suficiente para la mayoría de los proyectos	No es tan exacto como el análisis cuantitativo
Análisis cuantitativo	Es objetivo, se basa en datos y modelos	Requiere de probabilidad y estadística avanzada, conocimientos en tipos

		de distribuciones, modelado y simulación
	Es más objetivo y exacto que el análisis cualitativo, permite determinar la probabilidad de terminar en una fecha determinada a un costo estimado. Adicional permite identificar los riesgos que impactan más el riesgo general del proyecto.	Demanda mucho tiempo, requiere del diseño de un modelo y el uso de un software haciendo más costos y complejo. No son recomendables para proyectos pequeños

Fuente: Adaptado de (Tamayo and Mejía 2016)

Se toma la decisión de desarrollar el modelo en @risk debido a la versatilidad que presenta en la utilización de la simulación Montecarlo en conjunto con Microsoft Excel y Microsoft Project, permitiendo añadir fácilmente otras funciones de Excel en el modelo de simulación.

El modelo de simulación propuesto para el análisis cuantitativo de los riesgos que evalúa el impacto de los riesgos priorizados a partir de la herramienta RFMEA y su resultado se presenta en el numeral 5.

5.3. Elaboración del modelo

El modelo de simulación propuesto se desarrolló utilizando las herramientas de Palisade de @Risk, Microsoft Excel y Microsoft Project.

El primer paso realizado es el ejercicio determinístico que se estructuró en la herramienta de Microsoft Project con duraciones de actividades fijas y se utilizó el principio de la ruta crítica para marcar aquellas actividades sensibles de evaluación.

Seguido desde @Risk se realizó la conversión a una hoja de cálculo desde Microsoft Project importando el cronograma del proyecto con sus duraciones, fechas y recursos, marcación de la ruta crítica y calendario del proyecto.

Una vez se revisó la consistencia de la información, se adicionó una hoja de cálculo para las variables de entrada con los parámetros estructurados con el apoyo de los expertos en el proyecto.

Como función de distribución para los riesgos se consultó al Experto 1 para que desde su experiencia personal definiera la más adecuada para el ejercicio, en consenso con el equipo de riesgos se tomó la decisión de utilizar distribución discreta tomando valores entre cero y uno para simular la ocurrencia o no de los riesgos.

<i>RBS</i>	<i>Riesgo</i>	<i>EDT</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Ocurrencia simulada</i>
R1	Requerimientos incompletos	1.1.1	50%	1
R1	Requerimientos incompletos	1.2.2.1	50%	0
R3	Características y funciones prometidas que no están	1.3.1.1	50%	1

La estructura completa se puede observar en el Anexo 6. Probabilidades de los riesgos asociados a la EDT

La entrada de impactos potenciales se determina a partir de la asignación los valores mínimos, más probables y máximos expuestos en la Tabla 17, estos se registran en el ejemplo de la Tabla 10.

Tabla 9. Parámetros de entrada, grados de influencia de los riesgos sobre las actividades.

[illegible]

1.2.2.1	0,35					0,35	0,30						
1.2.2.2		0,30				0,70							
1.3.1.1	0,35					0,35	0,30						
1.3.1.2		0,30											0,70
1.5.1.1		0,30							0,35				0,35
1.5.1.2				0,35				0,35		0,30			
1.5.2.1					0,15	0,70	0,15						
1.5.2.2		0,30											0,70
1.5.3.1						0,35	0,30						0,35

Fuente. Elaboración propia.

Ya estimados los valores de probabilidad, impacto y el grado de influencia del riesgo, se procedió con el cálculo de los impactos sobre el calendario en días, dada la ocurrencia de un evento, ver la Ecuación 2:

La *Duración_j* se estimó partir del modelo PERT definiendo los tres valores para cada una de las actividades del proyecto en estudio, en la expresión que se utilizó en @risk para cada actividad es la siguiente:

Ecuación 1. Duración PERT de las actividades.

$$Duración_j = (Duración\ optimista + 4 * Duración\ más\ probable + Duración\ pesimista)/6$$

Las estimaciones para cada actividad se definieron con el equipo del proyecto y se pueden consultar en el Anexo 7. Duraciones PERT

Ecuación 2. Ecuación extendida para la duración de una actividad.

$$Duración\ de\ la\ actividad_j = Duración_j + \sum_i^N (E_i \times IPR_i \times C_{ij}) \quad \forall j$$

Dónde:

- *i*, cada riesgo priorizado
- *j*, actividades impactadas
- *N*, Total de riesgos priorizados
- *E_i*, distribución discreta para el riesgo *i*, (simula la ocurrencia del riesgo, 1 si se materializa de lo contrario 0)
- *IPR_i*, Impacto potencial del riesgo *i*, de acuerdo con la Tabla 17.
- *C_{ij}*, Grado de influencia del riesgo *i* sobre la actividad *j*

La Ecuación 2 permite determinar la duración extendida o días adicionales que se suman a una actividad dada la ocurrencia de un evento de riesgo, esto se da como resultado del producto de la probabilidad y el impacto de cada riesgo que impacta la actividad y como se puede observar, el resultado final es la ponderación de cada riesgo asignado a la actividad dado debido a la multiplicación del impacto con el grado de la influencia del riesgo estimado en la Tabla 9.

Cada riesgo genera su impacto en días para cada actividad relacionada, sin embargo, se consideró importante estimar el impacto total que generan los riesgos sobre el proyecto, dado que esto permite determinar los días adicionales que se deben considerar como colchón en la planeación de actividades dada la posible ocurrencia de eventos indeseados que puedan afectar la línea de tiempo del proyecto, para ello se usó la Ecuación 3.

Ecuación 3. Impacto total del riesgo.

$$\text{impacto total de los riesgos}_i = \sum_j (IPR_j \times C_{IJ}) \quad \forall i$$

Como resultado del procedimiento anteriormente mencionado, se obtuvo la siguiente estructura para la evaluación del impacto de los riesgos sobre el cronograma del proyecto, como ejemplo se presenta la Tabla 10

Tabla 10. Impacto de los riesgos sobre el calendario

RBS	Mín.	Más probable	Máx.	Impacto simulado sobre el calendario	Grado de influencia	Días añadidos al plan
R34	8	15	30	16,33	35%	0
R34	8	30	60	31,33	35%	0
R34	8	15	30	16,33	35%	0
R34	8	15	30	16,33	70%	0

Fuente. Elaboración propia.

La variable descrita como impacto simulado sobre el calendario utiliza una distribución PERT (Project Evaluation and Review Techniques) recomendada por el gerente del proyecto, dado que brinda una mayor peso al valor más probable del impacto del riesgo, el resultado de la distribución PERT al usar los valores de impacto mínimos, más probables y máximos para los riesgos es la entrada de la variable IPR_j en la Ecuación 3.

Finalmente, los días añadidos al plan se determinaron con el último segmento de la Ecuación 2 con la expresión de la Ecuación 4.

$$\text{Ecuación 4. Días añadidos al plan.}$$

$$\text{Días añadidos al plan} = E_i \times IPR_i \times C_{ij}$$

Para realizar la evaluación del impacto de los riesgos en la simulación, se agregó una variable que especifica una lista de valores a ejecutar de manera secuencial en cada simulación, en el ejercicio propuesto se toman los valores cero para simular sin contemplar los riesgos y 1 para contemplarlos, valores que multiplican los resultados de la Ecuación 4 con lo cual se logró la simulación de dos escenarios (Simulación con y sin riesgos).

Finalmente se determina en el modelo como variable de salida la duración del proyecto y el impacto total de los riesgos expresado en la Ecuación 3.

6. IMPACTO DE LOS RIESGOS

A continuación, se describe la metodología aplicada para llegar a la cuantificación del impacto de los riesgos, describiendo los resultados obtenidos en el análisis cualitativo y cuantitativo en cumplimiento del tercer objetivo mencionado en el numeral 2.2.

Tomando como base que los riesgos más comunes pueden ser aplicables en proyectos similares de acuerdo a lo descrito por Bennet and Larssen (2006), se toma la decisión de aplicar los la metodología en los numerales 6.2 y 6.3 de manera general en ambos proyectos.

A partir del numeral 6.3 se aplicó la metodología propuesta en un portafolio de dos proyectos en dos proyectos de TI.

6.1. Panel de expertos

En el ejercicio se contó con el apoyo de un grupo de expertos tanto en la gestión de riesgos en proyectos como en el gerenciamiento de proyectos de TI y que además cuentan con una importante trayectoria laboral en el sector salud.

En total se logró reunir las experiencias de tres empresas y seis expertos para la revisión de los riesgos identificados:

Tabla 11. Expertos encuestados

No.	Cargo del encuestado	Formación Profesional	Años de Experiencia
-----	----------------------	-----------------------	---------------------

1	Director de TI	Ingeniero de sistemas	14
2	Director de TI	Ingeniero de sistemas	22
3	Director de TI Importadora Insumos médicos	Ingeniero de sistemas Doctorado en gestión de la tecnología y la innovación	15
4	Director de proyectos	Ingeniero Industrial, PMP certificado	19
5	Director de Planeación y tecnología	Ingeniero de sistemas	10
6	Director de riesgos	Médico, Maestría en gestión de riesgos	13

Fuente: Elaboración propia.

Cada nivel de la RBS en la Tabla 4 es una agrupación que se realizó sobre las posibles fuentes de riesgo que tienen los proyectos, de tal manera que se facilitó el entendimiento y análisis de estos por parte de los expertos que cualificaron los riesgos.

Para facilitar el ejercicio se diseñó un formulario tipo encuesta en el cual se procuró la revisión rápida y asignación sencilla de la calificación de los riesgos que se consideraron relevantes para el ejercicio.

Como herramienta del formulario se contemplaron plantillas y encuestas web como Google forms, sin embargo, se toma la decisión de realizar ejercicios presenciales para poder solucionar inquietudes que surgieran en el ejercicio.

La revisión se tomó entre dos y tres sesiones de aproximadamente dos horas cada una y el formulario se diligenció en conjunto con el experto sin influir en sus percepciones, pero explicando cada inquietud que se presentó.

Es importante destacar que todos los riesgos no se presentaron a los 6 expertos, inicialmente los riesgos se depuraron con un solo experto para poder determinar aquellos que valieran la pena para los proyectos en estudio y que se encontraran acorde con el contexto de cada proyecto.

En la depuración de riesgos el director de TI (Experto 1) que encabeza la Tabla 11 realizó la revisión de los riesgos identificados con el objetivo de depurar el listado. La revisión dio como resultado la eliminación de riesgos que se consideraron dobles, como de aquellos que no aplicaban para los proyectos que se evaluaron.

Como resultado de la depuración se obtuvo un listado con 55 riesgos enfocados en proyectos de TI en el sector salud, que se presentaron a los cinco expertos restantes para su cualificación.

La totalidad de los riesgos descritos se puede consultar en el Anexo 3. Lista de riesgos identificados

Tabla 12. RBS de los riesgos seleccionados.

Nivel 1 de la RBS	Nivel 2 de la RBS	Cantidad de riesgos
1. Riesgo técnico	Análisis	2
	Desarrollo	3
	Implementación	7
	Paquetes de software	3
	Procesos técnicos	3
	Tecnología	2
2. Riesgo de gestión	Administración	6
	Dirección de proyectos	2
	Equipos	4
	Gestión de las operaciones	3
	Resistencia al cambio	3
3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	6
	Sedes	4
	Unidades de negocio	6
4. Riesgo externo	Normativo	1
Total		55

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado de la selección y categorización de los riesgos se encontró que las categorías de riesgos técnicos, riesgos de gestión del proyecto y riesgos comerciales representan cerca del 98,2% de los riesgos en el Nivel 1 de la RBS propuesta. Los riesgos evaluados se pueden consultar en el Anexo 4. Riesgos seleccionados para el estudio de cualificación

6.2. Análisis cualitativo

Si bien existen varios métodos para el análisis cualitativo de los riesgos tal como se expuso en el numeral 5.1.1 de la página 20, siguiendo la metodología propuesta por Carbone & Tippet (2004) se toma la decisión de utilizar el método de Análisis del modo y efecto de falla (RFMEA) mencionado en la Tabla 5.

En el proceso se realizaron algunas adaptaciones al modelo propuesto por Carbone & Tippet (2004), entre algunos realizados está el cambio de probabilidades de conformidad con el caso de estudio, estos valores ajustados se presentan en la Tabla 18.

El desarrollo de metodológico propuesto no abordó la totalidad de los pasos propuestos en la Ilustración 4 expuesta en la página 22, dado que no fue objeto de estudio el resultado de las acciones de respuesta frente a los riesgos identificados, el desarrollo aplicado se describe a continuación:

1. Identificación de los riesgos:

La identificación de los riesgos potenciales en proyectos de TI se realizó a partir de los estudios realizados en el numeral 4 descrito en la página 17, allí se mencionan los insumos y métodos que lograron la identificación de los riesgos para los proyectos de TI.

2. Determinación de valores de probabilidad, impacto y detección:

Los valores de probabilidad, probabilidad impacto y detección son consultados en el estudio de Carbone y Tippet (2004) y presentados con el experto 1 para llegar a un acuerdo sobre los mismos.

Es así como el formulario se parametriza de tal manera que el experto pueda seleccionar uno de los valores de acuerdo con la Tabla 13, la guía de porcentajes para los impactos es consultada igualmente en la literatura y discutida llegando a un acuerdo con el experto número 1 y respetando los porcentajes encontrados en la literatura.

Tabla 13. Matriz de Impactos para los factores de riesgo.

<u>Valor</u>	<u>Variable</u>	<u>Descripción</u>
9 o 10	Tiempo	El tiempo del proyecto aumento más del 20%
	Costo	El costo total del proyecto aumenta más de del 20%
	Calidad	El efecto en el alcance cambia el entregable del proyecto y no es útil al cliente
7 o 8	Tiempo	El tiempo del proyecto aumento entre el 10% y el 20%
	Costo	El costo total del proyecto aumenta entre el 10% y el 20%
	Calidad	El efecto en el alcance cambia el entregable del proyecto y puede no ser útil al cliente
5 o 6	Tiempo	El tiempo del proyecto aumento entre el 5% y el 10%
	Costo	El costo total del proyecto aumenta entre el 5% y el 10%
	Calidad	Los efectos de los cambios deben ser aprobados por el cliente
3 o 4	Tiempo	El aumento del tiempo del proyecto es menor al 5%

1 o 2	Costo	El costo total del proyecto no excede el 5%
	Calidad	El efecto es menor, pero requiere ser aprobado internamente o por el cliente
	Tiempo	El impacto es inapreciable
	Costo	El impacto es inapreciable
	Calidad	Los cambios no son perceptibles

Fuente. Ajustada de Carbone and Tippett (2004).

En relación con la cualificación del concepto de probabilidad, se consultan los valores estándar regularmente utilizados por el experto 1, que han sido trabajados y definidos cuidadosamente por el mismo, se llegó a un acuerdo y se utilizaron los valores de probabilidad de la expuestos en la Tabla 14:

Tabla 14. Matriz de probabilidad para los factores de riesgo.

Descripción	Puntaje	Probabilidad
Improbable	1	5%
Poco Probable	2	10%
Probable	3	50%
Altamente Probable	4	70%
Casi Certero	5	90%

Fuente: Ajustada de Carbone and Tippett (2004).

Igualmente, con el experto 1, se revisaron los valores de detección de los cuales se llegó a la decisión de dejar los valores descritos en la Tabla 15:

Tabla 15. Matriz de detección para los factores de riesgo.

Valor	Descripción
5	No se puede detectar el riesgo ni anticiparlo con un plan de contingencia
4	Difícilmente se puede detectar
3	Se puede detectar el riesgo de manera media
2	Se puede detectar el riesgo de manera moderada
1	Se puede detectar el riesgo y anticiparlo con un plan de contingencia

Fuente. Ajustada de Carbone and Tippett (2004).

El resultado de los criterios de probabilidad, impacto y detección obtenidos por cada experto se promedió para determinar un valor único para el RPN y para el PR, los valores se revisaron

con los expertos 1, 4 y 6 mencionados en la Tabla 11, logrando un acuerdo con los resultados obtenidos.

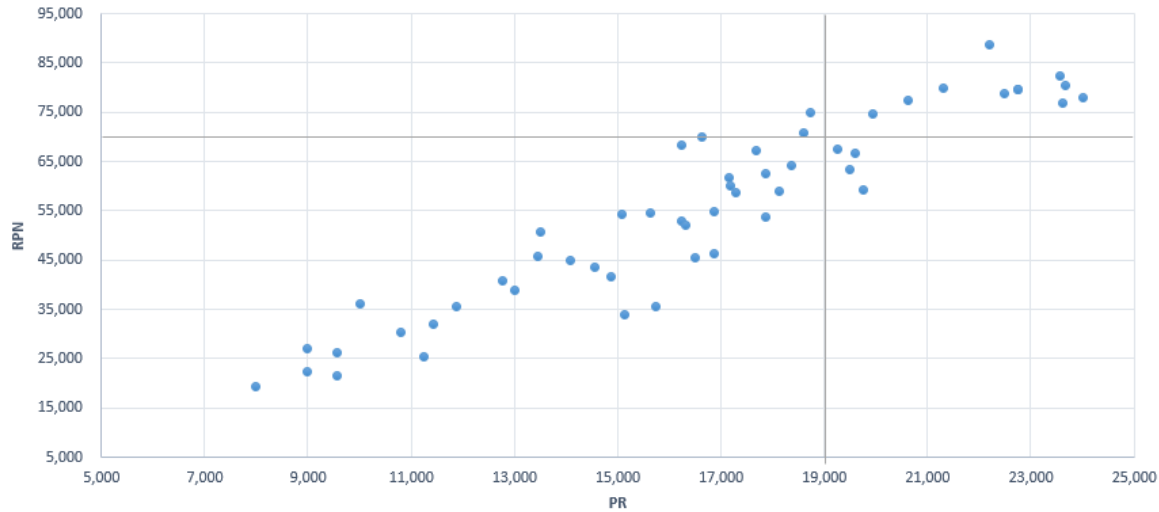
3. Determinación del valor crítico para el RPN:

En la Ilustración 5 se definió en consenso con el equipo del proyecto (expertos 1, 4 y 6) que los valores críticos para los puntajes del PR y el RPN debían ser 19 y 75 respectivamente.

4. Análisis del diagrama de dispersión de los riesgos:

Como resultado de la priorización con los valores obtenidos para el PR y el RPN, se obtuvieron 13 riesgos que se ubicaron en el cuadrante superior derecho de la Ilustración 5.

Ilustración 5. Dispersión de los riesgos.



Fuente. Elaboración propia.

Para la lectura del diagrama, los riesgos más relevantes están ubicados en el cuadrante superior derecho, dado que posiblemente, según las calificaciones dadas por los expertos, tienen una alta probabilidad de ocurrencia, un gran impacto en los proyectos y una baja posibilidad de detección.

Los riesgos priorizados que se obtuvieron con el panel de expertos se pueden observar en la

Tabla 16. Riesgos priorizados cualitativamente

Código del riesgo	Riesgo
R34	Requerimientos incompletos
R140	Usuarios que cambian los requisitos con frecuencia

R81	Miembros del equipo que son difíciles de manejar
R68	Usuarios que rechazan aceptar la responsabilidad
R123	Demasiado trabajo de emergencia
R66	Falta de aplicación de conocimientos y experiencia pasados
R103	Las decisiones que se hacen sin el consejo o la participación de los administradores de TI
R137	Usuarios que no resuelven los problemas de forma rápida o adecuada
R102	Los cambios frecuentes de la administración de dirección
R165	Cambios del marco legal vigente
R75	Usuarios que continúan trabajando con el sistema antiguo
R84	Rotación importante entre miembros del equipo
R35	Tiempo inadecuado para obtener los requisitos
R74	Usuarios que resisten el cambio durante la implementación
R56	Salida de una persona clave
R69	Usuarios que no están disponibles para participar en la implementación
R28	Dificultad mostrando los beneficios de los proyectos de tecnología en el plan

Fuente. Elaborado por el autor.

Los riesgos obtenidos con el ejercicio de panel de expertos se ordenaron de mayor a menor en la Tabla 16 de la cual se puede observar que los tres riesgos más relevantes son el R34, el cual presentó el puntaje más alto en PR como en el RPN, seguido del riesgo R140 y R81.

En su orden las categorías de riesgos predominantes de acuerdo con la priorización son los riesgos técnicos con una participación dentro de los riesgos priorizados del 47%, los riesgos de gestión con el 35%, los riesgos comerciales con 12% y los riesgos externos con el 6% de la participación.

6.3. Definición de probabilidad e impacto de los riesgos priorizados

Por otra parte, en un ejercicio entre el equipo de cada proyecto y el experto 1 se estimaron los impactos posibles de los riesgos priorizados en las actividades del proyecto, el ejercicio incluyó las actividades de la ruta crítica como las que no lo están.

Como resultado se obtuvieron los valores del impacto potencial de cada riesgo sobre la duración de las actividades del proyecto, los valores se expresaron como parámetros de duración mínima, más probable y máxima tal como se observa en la Tabla 17 (para consultar el listado completo de las relaciones de los riesgos ver el Anexo 5. Relaciones de las actividades con los riesgos priorizados).

Tabla 17. Duraciones de los riesgos como impacto en las actividades.

RBS	Mínimo (días)	Más probable (días)	Máximo (días)
------------	----------------------	----------------------------	----------------------

R34	8	15	30
R35	8	15	30
R50	15	30	60
R56	30	60	90
R57	15	30	60
R69	8	15	30
R74	15	20	30

Fuente. Elaboración propia.

Igualmente, los valores de probabilidad se trabajaron teniendo en cuenta la Tabla 14 y se terminaron de definir con el experto 1, los valores acordados para cada riesgo se pueden observar en la Tabla 18

Tabla 18. Probabilidad de ocurrencia de los riesgos priorizados.

RBS	Riesgo	Probabilidad
R34	Requerimientos incompletos	50%
R35	Tiempo inadecuado para obtener los requisitos	70%
R50	Características y funciones prometidas que no están	50%
R56	Salida de una persona clave	10%
R57	Desarrollo realizado ad hoc sin diseño adecuado	50%
R69	Usuarios que no están disponibles para participar en la implementación	60%
R74	Usuarios que resisten el cambio durante la implementación	50%
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	2%
R103	Las decisiones que se hacen sin el consejo o la participación de los administradores de TI	50%
R123	Demasiado trabajo de emergencia	50%
R140	Usuarios que cambian los requisitos con frecuencia	50%
R156	Proveedores que hacen algo diferente de lo que acordaron hacer	10%
R165	Cambios del marco legal vigente	2%

Fuente. Elaboración propia.

6.4. Caso de estudio 1

El proyecto del caso uno tenía como objetivo la modernización de soluciones informáticas en una empresa del sector salud, éste transcurrió entre los años 2016 al 2018 con una duración real de 548 días, se enfocó en 5 paquetes de trabajo cuyas duraciones se pueden observar en la Tabla 19.

De acuerdo con el acta de cierre del proyecto que se firmó en 2019 el proyecto culminó con una duración de 678 días, lo cual fue un total de 130 días añadidos al plan de trabajo.

Tabla 19. Duración determinística del proyecto en el caso de estudio 1.

Proyecto Caso 1	Duración
	548 días
Paquete de trabajo 1	265 días
Paquete de trabajo 2	64 días
Paquete de trabajo 3	369 días
Paquete de trabajo 4	213 días
Paquete de trabajo 5	51 días

Fuente. Elaboración propia.

El cronograma se elaboró en la herramienta de Microsoft Project y las duraciones se estimaron con el equipo del proyecto de ingeniería de software y de procesos que se encontraba a cargo del proyecto en 2016.

Por tanto, las validaciones se centraron en la consistencia de la programación de actividades en Project, verificando que no se encontraran restricciones que impidieran una adecuada simulación Montecarlo en @risk.

Las actividades ejecutadas y las relaciones de precedencias que dieron origen a la ruta crítica se revisaron con el líder de desarrollo de software de tal manera que se garantizó la consistencia del calendario antes de proceder con el modelo probabilístico.

6.4.1. Determinación del grado de influencia de los riesgos sobre las actividades

En el proyecto del caso 1, se evaluó el grado de influencia que tienen los riesgos sobre las actividades considerando las actividades que hacían parte de la ruta crítica como también aquellas que se vieron influenciadas por los riesgos priorizados.

La metodología que se utilizó es la propuesta por (Ökmen and Öztaş 2008) los cuales plantean el grado de influencia de los riesgos como muy efectivos (ME), efectivos (E) e inefectivos, cada grado con su respectivo valor numérico entendido como el grado de influencia o de incertidumbre de un riesgo sobre determinada actividad del cronograma.

Los valores propuestos para el ME y el E se toman como el 70% y el 30% respectivamente, estos se utilizan en las Ecuación 5 y Ecuación 6 determinando los grados de influencia de los riesgos priorizados.

Ecuación 5 Grado de influencia del riesgo por actividad muy efectivo.

Grado de influencia del riesgo por actividad i (ME)

$$= \frac{0.7}{\text{número de calificaciones asignadas ME}}$$

Ecuación 6 Grado de influencia del riesgo por actividad efectivo.

Grado de influencia del riesgo por actividad i (E)

$$= \frac{0.3}{\text{número de calificaciones asignadas E}}$$

Los grados de influencia de los riesgos sobre cada actividad se determinaron a partir de ejercicios con el experto 1 mencionado en la Tabla 11 página 29.

En la determinación de los grados de influencia se incluyó el equipo de trabajo del proyecto debido a que se consideró que pueden determinar con más exactitud las influencias debido a que algunos de ellos participaron más en el ciclo de vida del proyecto 1.

En el ejercicio participaron:

- Gerente del proyecto
- Director de TI
- Líder de riesgos del proyecto
- Líder de procesos
- Líder de desarrollo

Tabla 20. Grados de influencia de los riesgos sobre las actividades del proyecto caso 1

EDT/RB S	R10 3	R12 3	R14 0	R15 6	R16 5	R3 4	R3 5	R5 0	R5 6	R5 7	R6 9	R8 4
1.1.1.1									ME			
1.1.2.1									ME			
1.1.3.4										E		
1.1.4.1			E			ME	E					
1.1.4.5			E			ME	E					
1.1.7.6											E	
1.3.1			E			ME	E					
1.3.2	ME	E										ME
1.3.3.1				ME				E				
1.3.3.2				ME				E				
1.4.1			E			ME	E					

1.4.2	ME	E										ME
1.4.3				ME				E				
1.4.4				ME				E				
1.5.2			E		E	ME	E					
1.5.3	ME	E										ME

Fuente. Elaboración propia.

6.4.2. Resultados de la simulación

Tabla 21. Resultados estadísticos de las salidas de la simulación en el caso 1

Estadísticos	Duración		Días añadidos al plan (Con Riesgos)
	Con Riesgos	Sin riesgos	
Mínimo	583,63 días	567,19 días	19,68
Máximo	789,86 días	689,07 días	299,72
Media	656,11 días	621,95 días	119,07
Desv Est	29,54 días	19,37 días	38,43
Varianza	872,62	375,44	1476,53
Índice de sesgo	0,89	0,31	0,61
Curtosis	4,26	3,00	3,33
Mediana	652,44 días	620,96 días	114,23
Moda	627,71 días	615,04 días	108,73

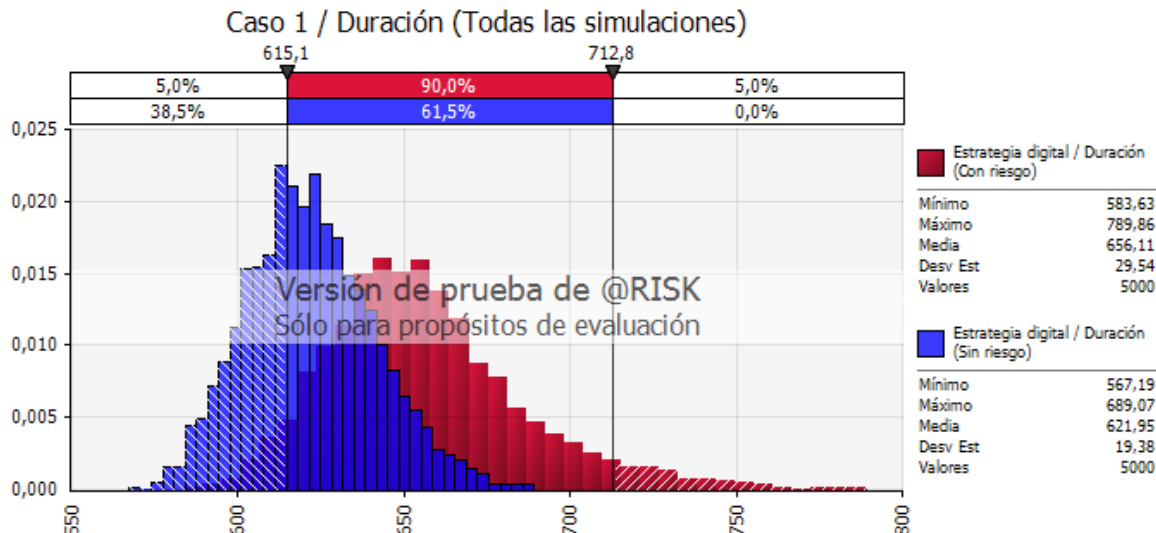
Fuente. Elaboración propia.

En el caso número 1, los valores de la simulación con riesgos asociados a la duración del proyecto oscilaron entre un máximo de 789,86 y un mínimo de 583,63 días; por otra parte, al omitir el impacto de los riesgos los valores de la duración oscilaron entre 567,19 y 689,07 días.

Las medias de duración se encontraron en valores de 656,11 y 621,95 días para la simulación con riesgos y sin riesgos respectivamente.

Finalmente, los días que se añadieron al plan con la simulación con riesgos oscilaron entre un mínimo de 19,68 y un máximo de 299,72 días con una media de impacto de 119,07 días.

Ilustración 6. Distribución de la duración del proyecto con riesgos y sin riesgos, caso 1.



Fuente. Elaboración propia.

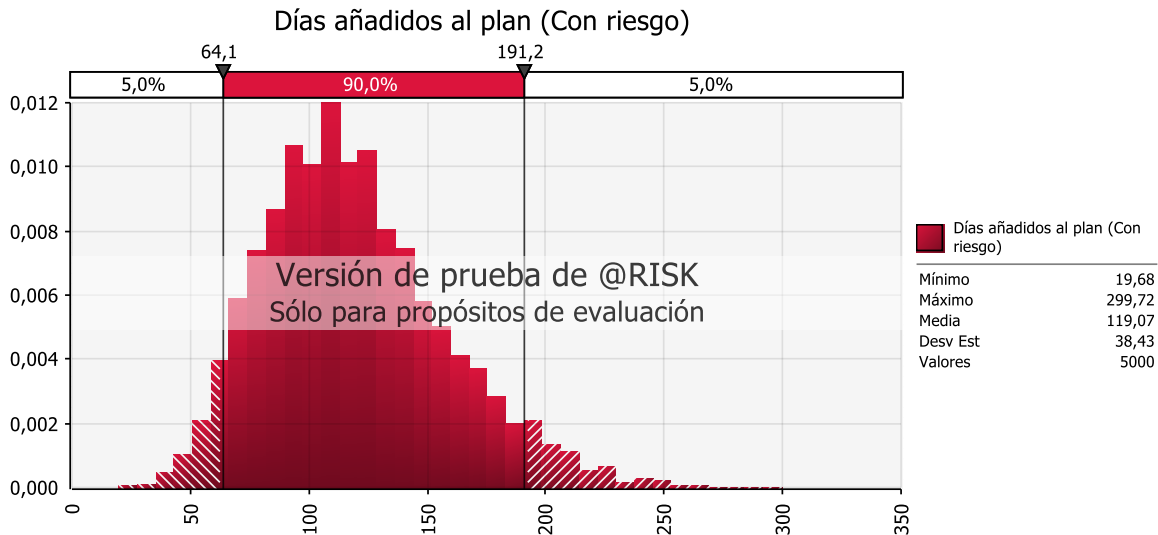
Para una confiabilidad del 90% se obtuvieron valores de duración del proyecto al considerar los riesgos entre 615.1 y 712.8 y al sobreponer la distribución de duraciones sin riesgos los mismos valores determinaron una confiabilidad del 61,5%.

Al comparar los resultados de la simulación con la duración propuesta inicialmente para terminar el proyecto, se encontró que el valor de 548 días descrito en la Tabla 19 no se encuentra en las posibilidades de terminación de la distribución. Dado que los valores mínimos tanto en la distribución contemplando riesgos y en la distribución sin contemplarlos, tienen como valores mínimos 583 y 567, motivo por el cual no es probable su terminación en la duración propuesta inicialmente.

Teniendo en cuenta el valor de la duración de terminación del contrato que específico una duración real de 678 días es posible evidenciar que este valor tenía una posibilidad de ocurrencia del 80,9% considerando los riesgos y al evaluar en la distribución sin riesgos la cual contempla solamente la duración PERT de las actividades se obtuvo un valor de confiabilidad del 99,5%.

Del ejercicio tanto en la distribución con riesgos y sin riesgos se puede deducir que es un modelo valido para aplicar en un caso similar tal como se realizó en la evaluación del proyecto especificado en el caso 2.

Ilustración 7. Días añadidos al plan considerando los riesgos. caso 1.

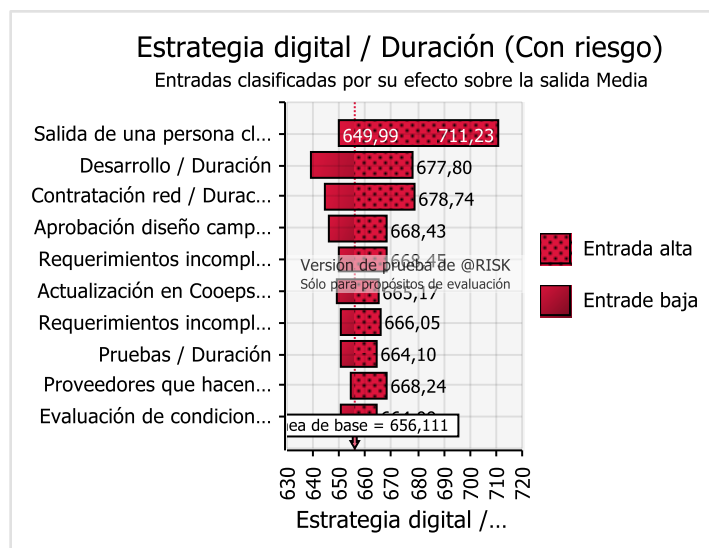


Fuente. Elaboración propia.

Al evaluar la distribución del impacto de los riesgos en las duraciones de las actividades para el caso 1, se observó con un nivel de confianza del 90% la oscilación de valores entre 64,1 y 191,2 días y una media de 119,07 que se pueden considerar como días adicionales al plan de trabajo por el efecto de los riesgos.

El valor de 130 días que se estimó a partir de la diferencia entre la terminación determinística del proyecto y el acta de cierre mencionada anteriormente se evaluó en la distribución de los días añadidos al plan encontrando que es un valor probable con una confiabilidad del 65,7%.

Ilustración 8. Diagrama de tornado caso 1



Fuente. Elaboración Propia

Al analizar en la Ilustración 8 las entradas del modelo propuesto para el caso 1, se identificó que los riesgos más influyentes en la variabilidad de la duración del proyecto fueron: Salida de una persona clave (R56), Requerimientos incompletos (R34) y el riesgo de Proveedores que hacen algo diferente de lo que acordaron entregar (R156).

6.4.3. Comparación de simulaciones

Con el objetivo de revisar la estabilidad del modelo realizado para el caso 1, se realizaron dos simulaciones más para cada escenario propuesto (escenarios de simulación con y sin riesgos). El resumen para la duración con riesgos en tres simulaciones se puede observar en la Tabla 22.

Tabla 22: Resumen de las simulaciones considerando los riesgos caso 1

Estadísticos	Simulación 1	Simulación 2	Simulación 3
Mínimo	583,63 días	581,39 días	577,73 días
Máximo	789,86 días	791,61 días	789,24 días
Media	656,11 días	656,13 días	656,19 días
Desv Est	29,54 días	29,20 días	29,50 días
Varianza	872,62	853,17	870,40
Índice de sesgo	0,89	0,84	0,79
Curtosis	4,26	4,07	3,95
Mediana	652,44 días	652,09 días	652,37 días
Moda	627,71 días	644,71 días	656,96 días

Fuente. Elaboración propia.

Se realizó la comparación en las tres simulaciones observando que no se encuentran diferencias relevantes en la Tabla 22, el cambio más representativo se da entre el índice de sesgo entre la simulación 1 y la 3, con una diferencia del 12,66%. Los demás valores se mantuvieron en variaciones cercanas o inferiores al 5%.

Tabla 23: Resumen de las simulaciones sin considerar los riesgos caso 1

Estadísticos	Simulación 1	Simulación 2	Simulación 3
Mínimo	567,19 días	567,52 días	564,86 días
Máximo	689,07 días	697,09 días	717,94 días
Media	621,95 días	621,95 días	621,94 días
Desv Est	19,37 días	19,22 días	19,28 días
Varianza	375,44	369,52	371,96
Índice de sesgo	0,31	0,30	0,33
Curtosis	3,00	3,07	3,02
Mediana	620,96 días	621,21 días	620,77 días
Moda	615,04 días	617,75 días	618,19 días

Fuente. Elaboración propia.

Igualmente se realiza la comparación de las duraciones sin considerar los riesgos en la Tabla 23 para el caso 1, nuevamente las diferencias no son relevantes por lo que se concluyó la estabilidad del modelo en la variable de salida de duración sin riesgos, al cambio más importante se dio en el índice de sesgo entre la simulación 1 y 3 con un cambio del 9%. Las demás variables oscilaron con cambios inferiores a iguales al 6%.

Tabla 24. Resumen de las simulaciones para los días añadidos al plan por el impacto de los riesgos caso 1

Estadísticos	Simulación 1	Simulación 2	Simulación 3
Mínimo	19,68	27,77	26,08
Máximo	299,72	312,47	288,00
Media	119,07	119,16	119,11
Desv Est	38,43	38,56	38,13
Varianza	1476,53	1486,77	1454,21
Índice de sesgo	0,61	0,72	0,67
Curtosis	3,33	3,79	3,49
Mediana	114,23	115,33	114,46
Moda	108,73	108,86	105,08

Fuente. Elaboración propia.

En la Tabla 24 se realiza la comparación para los días añadidos al plan en consideración de los riesgos, la variación en esta variable de salida se observó algo más significativa que en la variable de duración.

El valor mínimo presentó un cambio del 29,13% entre la simulación 1 y la simulación 2, igualmente el cambio es relevante entre la simulación 1 y 3 con un cambio del 24,54%.

Tabla 25. Jerarquía de los riesgos en las simulaciones caso 1.

Jerarquía	Simulación 1	Simulación 2	Simulación 3
1	R56	R56	R56
2	R57	R57	R57
3	R69	R69	R69
4	R34	R34	R34
5	R50	R156	R50

Fuente. Elaboración propia.

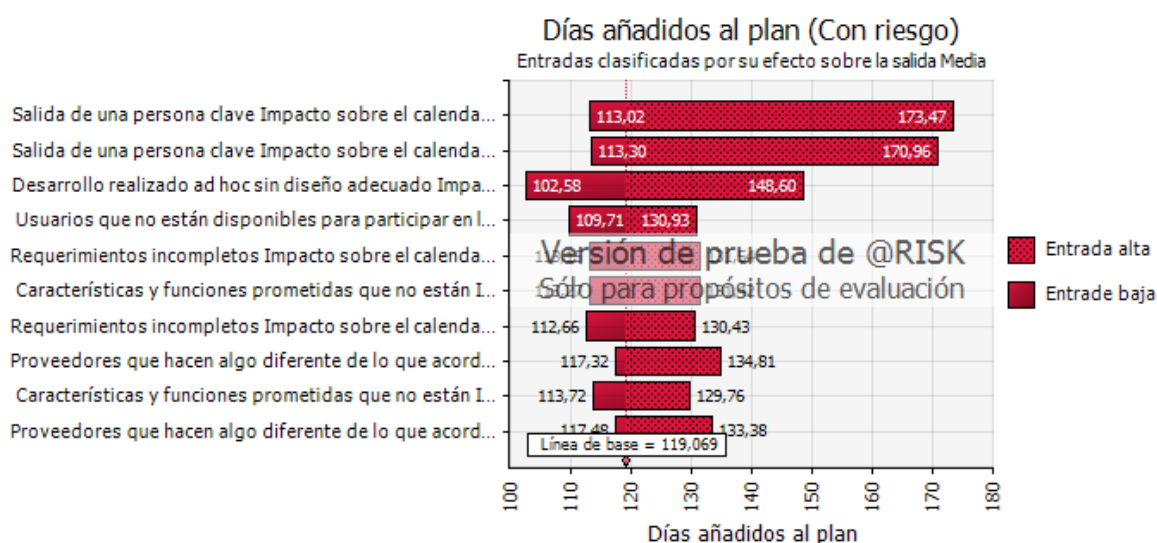
En la Tabla 25 se revisó la estabilidad en la jerarquía de los riesgos que impactaron el plan del proyecto en el caso 1, en las tres simulaciones los riesgos R56, R57, R69 y R34 mantuvieron su posición lo cual brinda confianza en la estabilidad de resultados.

El riesgo R50 presentó un cambio de posición en la simulación 2 lo cual dio entrada al riesgo R56, sin embargo, se mantiene su posición en la simulación 1 y 3.

6.4.4. Priorización de los riesgos

El gráfico de tornado es un análisis de sensibilidad expresado gráficamente, que despliega una jerarquización de las variables de entrada sobre una variable de salida del modelo, las variables de entrada que impactan en mayor medida la variable de salida del modelo poseen una barra más larga en la Ilustración 9.

Ilustración 9. Gráfico de tornado sobre el impacto de los riesgos en las actividades del caso 1



Fuente. Elaboración propia.

Analizar el diagrama de tornado permitió determinar los riesgos que agregaron mayor variabilidad en la duración del cronograma en el caso de estudio 1, estos resultados se ordenaron en la Tabla 26 para facilitar su observación.

Tabla 26. Riesgos priorizados según rango de variabilidad de la media de la duración total del proyecto basado en el diagrama de tornado caso 1.

RBS	Descripción del riesgo	Rango (días)	Min (días)	Max (días)
R56	Salida de una persona clave	60,45	113,02	173,47
R57	Desarrollo realizado ad hoc sin diseño adecuado	46,02	102,58	148,60
R69	Usuarios que no están disponibles para participar en la implementación	21,21	109,71	130,93
R34	Requerimientos incompletos	18,40	113,15	131,54
R50	Características y funciones prometidas que no están	18,15	113,27	131,42

Fuente. Elaboración propia.

El riesgo R56 presentó el mayor rango de impacto sobre el cronograma con un rango de 60 días.

Los R69, R34 y R50 presentaron resultados muy similares en los rangos de impacto al calendario, sin embargo, mantuvieron su posición en la Tabla 25.

6.5. Caso de estudio 2

El modelo propuesto se desarrolló sobre un proyecto de modernización de software que implica el desarrollo de soluciones informáticas específicamente en el sector salud. El proyecto es la segunda fase de otro proyecto que culminó en el año 2019 (Caso 1) del cual se tenían recopilados los riesgos, lecciones aprendidas y experiencias, lo cual motivó el estudio sobre su segunda fase.

Las actividades con sus precedencias o relaciones como también sus duraciones determinísticas se elaboraron en la herramienta de Microsoft Project y se estimaron con el equipo del proyecto de ingeniería de software y de procesos encargados de ejecutar cada una de las actividades relacionadas en el calendario del proyecto.

La duración determinística del proyecto evaluado es la siguiente:

Tabla 27. Duración determinística del proyecto en el caso de estudio 2.

Proyecto ED	Duración
	541 días
Paquete de trabajo 1	487 días
Paquete de trabajo 2	357 días
Paquete de trabajo 3	245 días
Paquete de trabajo 4	104 días
Paquete de trabajo 5	184 días

Fuente. Elaboración propia.

Los paquetes de trabajo tienen equipos diferentes, solo el experto numero 1 acompaño todos los ejercicios de estimaciones de tiempos, probabilidades y relaciones de los riesgos con las actividades; el resto del equipo de trabajo se compone de expertos en tecnología e ingeniería dependiendo de cada entregable en el proyecto, éstos brindaron las estimaciones de las actividades y de los impactos ante la ocurrencia de un evento.

Los ejercicios grupales se realizaron en promedio con 4 sesiones de 2 horas, el ejercicio se repetía hasta lograr un consenso para los valores estimados.

Dado que el proyecto aún se encuentra en su fase de ejecución, no se realiza comparación del caso 2 sobre los resultados obtenidos en la simulación, por su parte, se utilizó como insumo para los futuros controles de cambios que se puedan requerir en el proyecto en su fase de ejecución.

6.5.1. Determinación del grado de influencia de los riesgos sobre las actividades

Igual que en el caso 1, se utilizó la metodología de Ökmen and Öztaş (2008) para determinar los grados de influencia de los riesgos sobre las actividades del cronograma, los valores de la Ecuación 5 y Ecuación 6 no se modifican en el caso 2.

Los grados de influencia de los riesgos sobre cada actividad se estimaron a partir de ejercicios con el experto 1 mencionado en la Tabla 11 página 29, junto con la participación de líderes de cada proyecto evaluado.

Se incluye en las estimaciones el equipo de trabajo dado que éstos pueden determinar con más exactitud las influencias al estar en el desarrollo del proyecto.

En el ejercicio participaron:

- Gerente del proyecto
- Director de TI
- Líder de riesgos del proyecto
- Líder de procesos
- Líder de desarrollo

Tabla 28. Grados de influencia de los riesgos sobre las actividades del proyecto.

EDT/RBS	R103	R123	R140	R156	R165	R34	R35	R50	R56	R57	R69	R74	R84
1.1.1	ME					ME	E						
1.1.2		E	E										ME
1.1.7											E	ME	
1.2.1.1		E											ME
1.2.2.1	ME					ME	E						
1.2.2.2		E				ME							
1.3.1.1	ME					ME	E						
1.3.1.2		E											ME
1.5.1.1		E							ME				ME
1.5.1.2				ME				ME		E			

1.5.2.1					E	ME	E						
1.5.2.2		E											ME
1.5.3.1						ME	E						ME

Fuente. Elaboración propia.

6.5.2. Resultados de la simulación

Tabla 29. Resultados estadísticos de las salidas de la simulación, caso 2.

Estadísticos	Duración		Días añadidos al plan (Con Riesgos)
	Con Riesgos	Sin riesgos	
Mínimo	514,93 días	510,94 días	39,98
Máximo	679,19 días	603,29 días	331,67
Media	584,87 días	552,95 días	145,86
Desv Est	23,891 días	13,241 días	39,97
Varianza	570,77	175,32	1597,53
Índice de sesgo	0,29	0,2	0,39
Curtosis	2,76	2,99	3,34
Mediana	583,6 días	552,32 días	143,81
Moda	594,9 días	550,32 días	139,01

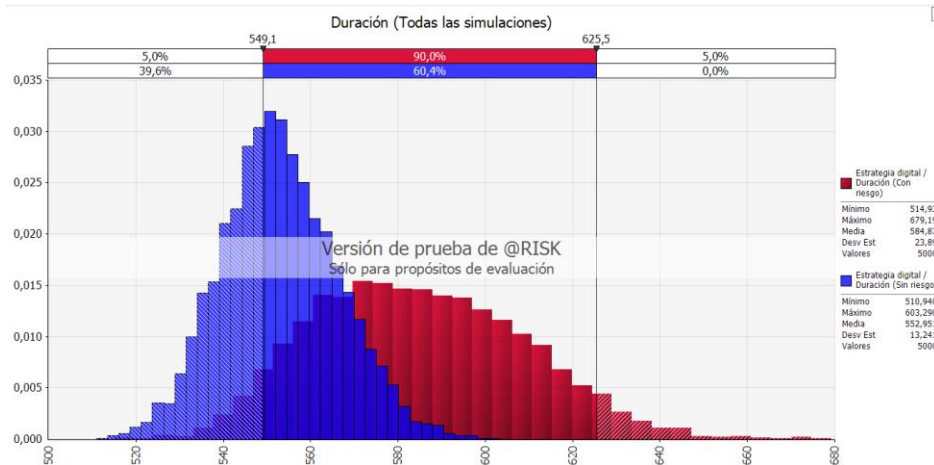
Fuente. Elaboración propia.

Los valores de la simulación con riesgos asociados a la duración oscilaron entre un máximo de 679,19 y un mínimo de 514, 93 días; por otra parte, al omitir el impacto de los riesgos los valores de la duración oscilaron entre 510,94 y 603,29 días.

Las medias de duración se encontraron en valores de 584,87 y 552,95 días para la simulación con riesgos y sin riesgos respectivamente, al evaluar la media de duración sin riesgos en los resultados de la distribución considerando el impacto de los riesgos (ver Ilustración 10), tan solo tiene una probabilidad de cumplimiento del 7,5% para los 552,95 días de duración.

Los valores de la varianza para la duración contemplando los riesgos se ubicó en 570 días, sin considerar los riesgos y contemplando la variación normal de la estimación en las actividades se ubicó en 175 días.

Ilustración 10: Distribución de la duración del proyecto con riesgos y sin riesgos.



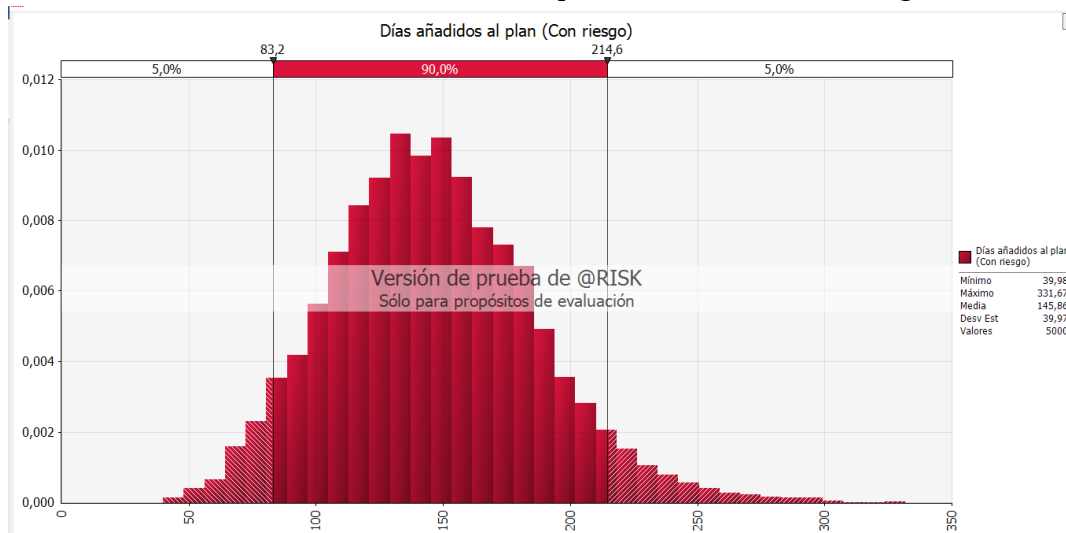
Fuente. Elaboración propia.

La duración determinística del proyecto se estimó en 541 días, valor que de acuerdo con los resultados de la simulación tiene una probabilidad esperada del 18,5% considerando las desviaciones normales que se pueden dar en las estimaciones de las actividades y al considerar los riesgos tan solo se obtiene una probabilidad del 1.6% de terminar en los tiempos pactados por el proyecto.

Considerando la distribución con riesgos, con un nivel de confianza del 90% se obtuvo una duración entre 549,1 y 625,5 días, al sobreponer la distribución con riesgos sobre la distribución sin riesgos, este mismo valor para las duraciones posee un 60% de probabilidad, esto considerando la variación normal de la estimación de las actividades.

Al considerar los riesgos, el modelo de simulación Montecarlo mostró una probabilidad de terminar el proyecto con una duración entre 549 días y 625 días con una confianza del 90%, los resultados de los días añadidos por la ocurrencia de eventos indeseados se pueden observar en la Ilustración 11.

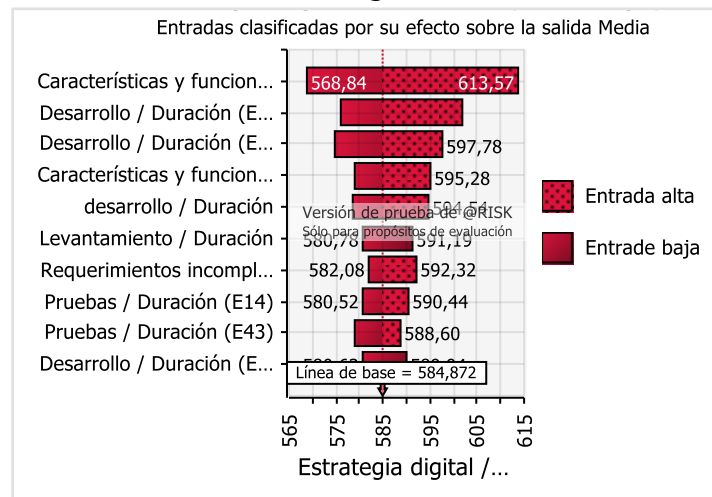
Ilustración 11: Días añadidos al plan considerando los riesgos.



Fuente. Elaboración propia.

Considerando una confianza del 90% la simulación de la ocurrencia de los eventos de riesgo arrojó resultados entre 83 y 214 días como adición al plan de trabajo inicialmente planeado, la media de la distribución se encontró en un valor de 145 días adicionales al plan del proyecto.

Ilustración 12. Diagrama de tornado.



Fuente. Elaboración propia.

Al analizar las entradas del modelo (ver Ilustración 12) por su efecto en la duración total del proyecto considerando riesgos, se identificó que dos riesgos sobresalen como generadores de una variabilidad importante en la duración del proyecto, estos riesgos son: Requerimientos incompletos (R34) y características y funciones prometidas que no están (R50).

Tabla 30. índice de criticidad de los paquetes de trabajo en el caso 2.

Proyecto ED	Índice crítico %
Paquete de trabajo 1	100%
Paquete de trabajo 2	0,18%
Paquete de trabajo 3	99,82%
Paquete de trabajo 4	0%
Paquete de trabajo 5	0%

Fuente. Elaboración propia.

Dado que el análisis no solo se enfocó en el estudio de la ruta crítica, el resultado de la simulación con riesgos encontró que existe cierta probabilidad de que el paquete de trabajo 2 del proyecto en estudio ingrese en la ruta crítica, esto se puede concluir del indicador de índice crítico encontrado con un valor de 0,18%. Sin embargo, el resultado no se considera relevante.

6.5.3. Comparación de simulaciones

Con el objetivo de revisar la estabilidad del modelo, se realizaron dos simulaciones adicionales para comparar los valores obtenidos en los escenarios de consideración de riesgos, sin riesgos y los resultados de días adicionales al cronograma por el impacto de los riesgos.

Tabla 31. Resumen de las simulaciones considerando los riesgos, caso 2.

Estadísticos	Simulación 1	Simulación 2	Simulación 3
Mínimo	514,93 días	524,93 días	518,34 días
Máximo	679,19 días	682,57 días	690,93 días
Media	584,87 días	584,96 días	584,90 días
Desv Est	23,891 días	23,97 días	24,22 días
Varianza	570,77	574,88	586,82
Índice de sesgo	0,29	0,31	0,30
Curtosis	2,76	2,80	2,79
Mediana	583,6 días	583,37 días	583,57 días
Moda	594,9 días	592,02 días	570,66 días

Fuente. Elaboración propia.

Al comparar los resultados en términos de la duración del proyecto y su distribución probabilística se puede observar en la Tabla 32 que no presentan una diferencia significativa entre sí, presentándose solamente un cambio relevante en el índice de sesgo de la distribución

con una diferencia del 6.90% entre la simulación 1 y 2 y del 3,45% entre la simulación 1 y 3.

En general los demás valores no difieren mucho entre si lo cual generó confianza de estabilidad en el modelo para la cantidad de iteraciones seleccionada.

Tabla 32. Resumen de las simulaciones sin considerar los riesgos, caso 2.

Estadísticos	Simulación 1	Simulación 2	Simulación 3
Mínimo	510,94 días	513,44 días	510,82 días
Máximo	603,29 días	601,48 días	605,66 días
Media	552,95 días	553,00 días	552,92 días
Desv Est	13,241 días	13,347 días	13,46 días
Varianza	175,32	178,14	181,43
Índice de sesgo	0,2	0,2	0,2
Curtosis	2,99	3,00	3,11
Mediana	552,32 días	552,26 días	552,17 días
Moda	550,32 días	547,37 días	543,63 días

Fuente: Elaboración propia.

El mismo ejercicio se realizó para revisar estabilidad en las variables de salida teniendo en consideración la simulación sin riesgos en la cual las únicas variables que presentaron una brecha mayor a 1 fueron la varianza del modelo con una diferencia del 1.61 entre la simulación 1 y la 2 y del 3,49% entre el modelo 1 y 3, y finalmente la curtosis con un cambio del 4% entre la simulación 1 y la 3.

Tabla 33. Resumen de las simulaciones para los días añadidos al plan por el impacto de los riesgos, caso 2

Estadísticos	Simulación 1	Simulación 2	Simulación 3
Mínimo	39,98	25,17	35,58
Máximo	331,67	332,78	331,88
Media	145,86	145,81	145,77
Desv Est	39,97	40,49	40,27
Varianza	1597,53	1639,15	1621,65
Índice de sesgo	0,39	0,40	0,32
Curtosis	3,34	3,36	3,07
Mediana	143,81	143,47	142,97
Moda	139,01	154,77	139,7

Fuente. Elaboración propia.

En cuanto al impacto que generaron los riesgos, si se presentaron resultados con diferencias un poco más grandes en los en los cuales el valor mínimo que tomó la distribución obtuvo una diferencia del 37.04% entre la simulación y la 2 y del 11.1% entre la simulación 1 y 3, estos valores quizás debido a la incertidumbre e impactos que generan una mayor dispersión en los valores de la distribución del impacto de los riesgos.

El índice de sesgo para la distribución del impacto de los riesgos también presentó una diferencia del 17, 95% entre la simulación 1 y la simulación 3 del modelo propuesto.

Igualmente se evaluó la estabilidad en la jerarquización de los riesgos en las tres simulaciones, de tal manera que se mantuviera o cambiara muy poco la posición de los riesgos priorizados en el diagrama de tornado que evaluó el impacto de los riesgos.

Tabla 34, Jerarquía de los riesgos en las simulaciones para el caso 2.

Jerarquía	Simulación 1	Simulación 2	Simulación 3
1	R50	R50	R50
2	R69	R69	R56
3	R56	R56	R69
4	R34	R57	R34
5	R57	R34	R57

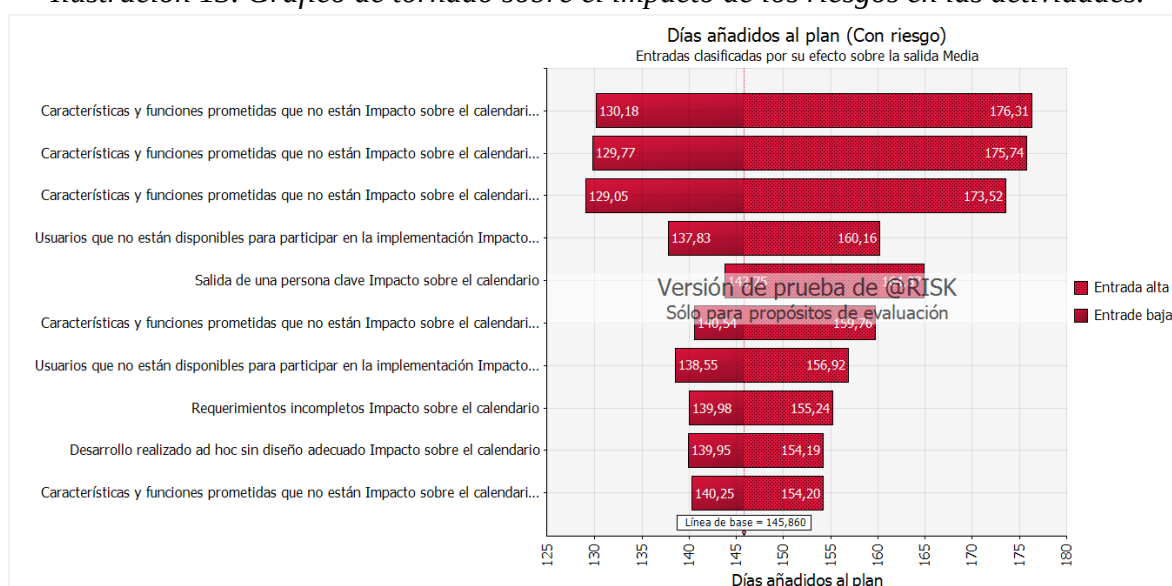
Fuente. Elaboración propia.

Aunque se observó que se presentaron cambios en las posiciones, éstas no involucraron el cambio de los riesgos ya priorizados en la simulación 1 tal como se logra observar en la Tabla 35, de los cual se puede concluir que la priorización de los riegos se puede considerar como estable dado que no se presentaron cambios relevantes en la importancia.

6.5.4. Priorización de los riesgos

Si bien en la Ilustración 12 se consideran 2 riesgos como muy influyentes en la duración estocástica del proyecto, esta grafica también considera las duraciones de los proyectos en el análisis, motivo por el cual en ésta sección se expande la revisión de los riesgos que más impacto causaron en la duración de las actividades.

Ilustración 13. Gráfico de tornado sobre el impacto de los riesgos en las actividades.



Fuente. Elaboración propia.

Tabla 35. Riesgos priorizados según rango de variabilidad de la media de la duración total del proyecto basado en el diagrama de tornado, caso 2.

RBS	Descripción del riesgo	Rango (días)	Min (días)	Max (días)
R50	Características y funciones prometidas que no están	46,13	130,18	176,31
R69	Usuarios que no están disponibles para participar en la implementación	22,33	137,83	160,16
R56	Salida de una persona clave	20,62	143,75	164,37
R34	Requerimientos incompletos	15,26	139,98	155,24
R57	Desarrollo realizado ad hoc sin diseño adecuado	14,24	139,95	154,19

Fuente. Elaboración propia.

Debido a que los riesgos poseen varios valores para el impacto en la duración dependiendo de la actividad que estaban impactando, se toma la decisión de priorizarlo en función del mayor valor, sin alterar el orden del grafico de tornado de la Ilustración 13.

El riesgo número 50 (R50) es aquel que presentó un rango de impacto mucho mayor que los demás riesgos priorizados en el análisis de tornado, presentando un valor máximo de 176 días de adición sobre el cronograma.

Los riesgos R69 y R56 presentan valores muy similares, sin embargo, el riesgo R56 genera una adición de tiempo ligeramente superior en el cronograma. En el último lugar de relevancia se ubican los riesgos R34 y R57 con valores máximos sobre la duración del proyecto de 155,24 y 154,19 respectivamente.

Se analizó si el impacto de estos riesgos obedecía a la cantidad de actividades relacionadas en el modelo, sin embargo, se encontró que en el modelo realizado no se dio esa condición no se cumplió y los resultados obedecieron más a las probabilidades de ocurrencia e impactos descritos por los expertos.

7. CONCLUSIONES

Para la identificación de los riesgos en proyectos de tecnologías de la información fue fundamental la consulta a la literatura, dado que brindó un marco de referencia a los expertos que por lo general no se había contemplado en proyectos similares, motivo por el cual el listado de riesgos propuesto se suministró como herramienta de consulta para futuros proyectos similares.

Por otro lado, se realizó una caracterización a las principales metodologías de cualificación y cuantificación de los riesgos en proyectos, los cuales son aplicables en proyectos de tecnologías de la información que, si bien se describen los beneficios e inconvenientes de la aplicación de una herramienta u otra, la aplicación especialmente depende de cada proyecto, de la experticia en el manejo de las herramientas, del presupuesto disponible y de la experticia del analista de riesgos del proyecto evaluado.

La propuesta metodológica para la evaluación del impacto de los riesgos identificados se fundamentó en elementos de entrada suministrados a partir del juicio de expertos, lo cual es un punto que puede brindar subjetividad considerable a los resultados del modelo; sin embargo, al realizar un análisis cuidadoso de los resultados obtenidos en la simulación se observa que el modelo efectivamente funciona y es posible aplicarlo en proyectos similares como herramienta que permita priorizar los planes de respuesta ante los riesgos de un proyecto.

A diferencia de la gestión de riesgos tradicional en las organizaciones que hicieron parte del estudio, el modelo propuesto mostró una forma más específica de evaluar el impacto de los riesgos sobre un proyecto, al considerar las relaciones de los riesgos sobre las duraciones de las actividades. Este análisis de impactos proporcionó al gerente de proyectos la oportunidad de replantear las fechas propuestas en el cronograma inicial y brindar colchones ante la ocurrencia de eventos inesperado en el proyecto.

Tanto en la estimación de las duraciones de las actividades como en la duración del impacto de los riesgos en el proyecto, se encuentra implícita la subjetividad de los expertos, subjetividad que se puede considerar como error en el modelo, sin embargo, este es un riesgo que se asume dada la ausencia de información histórica en duraciones tanto de actividades como de ocurrencias de riesgos que permita mejorar la planeación del proyecto.

Los resultados del modelo estocástico se consideraron muy favorables, dado que permiten al gerente del proyecto realizar un análisis sobre las fechas que se deben considerar en los posibles controles de cambio a realizar sobre la línea de referencia del proyecto y de esta manera pactar nuevas fechas con colchones de seguridad que permitan absorber la ocurrencia de cualquier evento indeseado.

Si bien la simulación Montecarlo es una herramienta robusta que complementa el análisis cualitativo de los riesgos, en el contexto cultural de las organizaciones, es difícil la adopción de modelos estocásticos, motivo por el cual son poco utilizados en proyectos reales, aun así, sea bien justificada su utilización y retorno de inversión.

Futuras investigaciones pueden enfocarse en los siguientes aspectos:

El estudio de los riesgos evaluados en el modelo propuesto es abordado para los riesgos inherentes al mismo, no se realiza una evaluación de la simulación de los riesgos residuales una vez implementadas alternativas de gestión de riesgos a los riesgos priorizados.

Por simplicidad del modelo no se consideraron las relaciones entre los riesgos, es decir aquellos riesgos que cuando se presentan detonan la ocurrencia de otros riesgos, como objeto de futuras investigaciones se podría realizar un modelo de simulación causal entre estos y los impactos en las actividades.

Adicionalmente, el proceso de análisis se puede ampliar a la simulación sobre la restricción de recursos y presupuesto del proyecto, en un modelo que permita estimar ambas variables dada la ocurrencia de los eventos de riesgo, esto es de vital importancia dado que facilitaría al gerente de proyecto la estimación de reservas para el presupuesto y de esta manera asegurar la suficiencia presupuestal del mismo para su ejecución.

Durante la recolección de información se presenta un alto grado de subjetividad, motivo por el cual se sugiere realizar métodos más elaborados como metodologías multicriterio para determinar el peso final de cada riesgo en cuanto a probabilidad e impacto sobre duración, e inclusive considerar aspectos de la restricción extendida en proyectos en cuanto cumplimiento en calidad y alcance del proyecto.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bannerman, Paul L. 2008. "Risk and Risk Management in Software Projects: A Reassessment." *Journal of Systems and Software* 81(12): 2118–33.
<https://pdf.sciencedirectassets.com/271629/1-s2.0-S0164121208X0010X/1-s2.0-S0164121208000897/main.pdf?x-amz-security-token=AgoJb3JpZ2luX2VjEJH%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJGMEQCIB%2Bd0A2TYVdfWhewyck%2BV4uGefwqIlP5SN0e5hHgWNmrAiB3FZ%2F6m3> (May 21, 2019).
- Bennet, Lientz, and Lee Larssen. 2006. *Risk Management for IT Projects*. Primera ed. ed. Routledge.
- Buchtik, Liliana. 2012a. Buchtik Global *Secretos Para Dominar La Gestión de Riesgos En Proyectos*. Vol. 0. ed. Buchtik Global. Buchtik Global.
- . 2012b. 0 Buchtik Global *Secretos Para Dominar La Gestión de Riesgos En Proyectos*. ed. Primera Edición. Buchtik Global.
- Caltrans. 2012. *Project Risk Management Handbook: A Scalable Approach*. 1st ed.
http://www.dot.ca.gov/projmgmt/documents/Project_Risk_Management_Handbook.pdf (May 29, 2019).
- Carbone, Thomas A, and Donald D Tippet. 2004. "Project Risk Management Using the Project Risk Fmea." *EMJ - Engineering Management Journal* 16(4): 28–35.
- EALDE. 2017. "10 Factores Generadores de Riesgos En Dirección de Proyectos - EALDE Business School." <https://www.ealde.es/factores-gestion-de-riesgos-direccion-de-proyectos/> (June 10, 2020).
- Faris, Richard K., and Dan Patterson. 2007. "Managing Risk in The Project Portfolio." *Newtown Square: Project Management Institute*. <https://www.pmi.org/learning/library/managing-risk-project-portfolio-7297> (June 18, 2020).
- López, Julián. 2016. "Informe Del Caos 2015 (Chaos Report 2015) o Cómo de Bien o Mal Fueron Los Proyectos En El Año 2015." *El laboratorio de las TI*.
<http://www.laboratorioti.com/2016/05/16/informe-del-caos-2015-chaos-report-2015-bien-mal-fueron-los-proyectos-ano-2015/> (May 30, 2017).
- McManus, John. 2012. *Risk Management in Software Development Projects*. Primera ed. ed. Routledge. Londres: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780080498089>.
- Ökmen, Önder, and Ahmet Öztaş. 2008. "Construction Project Network Evaluation with Correlated Schedule Risk Analysis Model." *Journal of Construction Engineering and Management* 134(1): 49–63.
- Pérez Moya, Osiris, and Yeleny Zulueta Véliz. 2013. "Proceso Para Gestionar Riesgos En Proyectos de Desarrollo de Software." *Process to manage risks in software development projects*. 7(2): 67–82.
<https://ezproxy.eafit.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=90570423&lang=es&site=eds-live> (February 23, 2017).
- PMI. 2016. *Guía Del PMBOK Sexta Edición*. 6th ed. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc. www.PMI.org.
- Sanz, Luis Fernández, and P B Silva. 2014. "Risk Management in Software Development Projects in Spain: A State of Art [Gestión de Riesgos En Proyectos de Desarrollo de Software En España: Estudio de La Situación]." *Revista Facultad de Ingeniería* (70): 233–43.
<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84897628329&partnerID=40&md5=d485cd80c0d9ba7c5fc3d80cb1425b98> (February 23, 2017).
- Song, Hao, and Jirong Jiang. 2016. "Risks Identification in Embedded Software Development: Evidence from MVBC Project Survey." In *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 798–806.
- Tamayo, Daniel Ángel, and Marcela Hincapié Mejía. 2016. 2002 "Un Estado Del Arte Del Análisis Cualitativo y Cuantitativo de Riesgos En Proyectos." <http://waset.org/publications/14223/soil>

resistivity-data-computations-single-and-two-layer-soil-resistivity-structure-and-its-implication-on-earthing-design%0Ahttp://www.jo-mo.com/fadoohelp/data/DotNet/Ethical security.pdf%0Ahttp://link.springer.com/10.10 (May 24, 2020).

Vrhovec, Simon L.R., Tomaž Hovelja, Damjan Vavpotič, and Marjan Krisper. 2015. "Diagnosing Organizational Risks in Software Projects: Stakeholder Resistance." *International Journal of Project Management* 33(6): 1262–73.

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0263786315000575> (May 21, 2019).

Weishaar, Colby. 2018. *Predicting the Impact of Resource Delays on a Construction Project's Critical Path Using Monte Carlo Simulation*. Fayetteville.

<http://scholarworks.uark.edu/etdhttp://scholarworks.uark.edu/etd/2657> (June 17, 2020).

PROJECT RISK MANAGEMENT HANDBOOK Threats and Opportunities Second Edition

Revision 0. (2007). www.dot.ca.gov/hq/projmgmt

Arely, D., & Becerra, K. P. (2016). Balanceo de un portafolio de proyectos en una empresa estudio del sector de servicios teniendo en cuenta los riesgos. Universidad del Valle.

Carvalho, M. M. De, & Junior, R. R. (2015). Impact of risk management on project performance: the importance of soft skills. *International Journal of Production Research*, 53(Apr2), 321–340.

Chapman, C., & Ward, S. (2004). Managing Project Risk and Uncertainty. In *International Journal of Project Management* (Vol. 22, Issue 3). [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863\(03\)00007-3](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863(03)00007-3)

De, P., Caso De Estudio, C., Vco, F., Luis, S. A. C., Ortiz, P., De, U., Salle, L. A., & De Ingeniería, F. (2015). GUÍA METODOLÓGICA DE APOYO PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS EN.

López, J., & Gutiérrez, J. (2012). Análisis del riesgo de programa en el sector de la Construcción para determinar su impacto en la duración de los proyectos. Caso de estudio: proyecto de vivienda en Cali.

Luisa, A., & Mosquera, F. (2013). Guía para apoyar la priorización de riesgos en la gestión de proyectos de tecnologías de la información. *Gerenc. Tecnol. Inform*, 12(33), 15–32.

<http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?sid=f0bd5d79-0e94-4e51-912c-a73c7544d610%40sessionmgr4006&vid=8&hid=4110>

Manotas, D. F., Ulloa, I. M., & Uribe, J. M. (2016). Modelación de riesgo operacional causado por factores demográficos *. 15208(29). <https://doi.org/10.22395/rium.v15n29a7>

Mendoza, O., & Sánchez, M. (2012). *Gestión Integral de Riesgos* (Primera edición, Vol. 1). Bravo & Sánchez.

Moreno, B., & Del Carmen Rubio, M. (2012). GRANADA (ESPAÑA) RISK MANAGEMENT IN ENGINEERING PROJECTS. THE CASE OF THE PTS CAMPUS. UNIVERSITY OF GRANADA (SPAIN) GERMÁN MARTÍNEZ. *DYNA* (Colombia), 79(173 PART I), 7–14.

<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84862871016&partnerID=40&md5=667ed29899c727f0f27b48b2685aec15>

Ordóñez, J. (2010). Análisis de Riesgo utilizando @RISK para MSProject.

http://www.palisade.com/downloads/UserConf/LTA10/Ordonez_Lima2010_RPJ_ES.pdf

Ortegón, E., Pacheco, J. F., & Prieto, A. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. In *CEPAL-Serie Manuales* (Issue 42). <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/5607>

Ramírez, L. F. M., Alegría, D. J. A., & Martínez, L. M. S. (2013). Guía para apoyar la priorización de riesgos en la gestión de proyectos de tecnologías de la información. *Gerenc. Tecnol.*

Inform., 12(40), 15–32.

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=90655706&lang=es&site=ehost-live>

Rodríguez, A., Ortega, F., & Concepción, R. (2016). A method for the evaluation of risk in IT projects. *Expert Systems with Applications*, 45(Supplement C), 273–285.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.09.056>

Rodríguez, E., directora, T., Trujillo, J. L., Subdirector, A., Gutiérrez, J., Piñeres, D. E., Directora, J., Público, E., Eugenia, V., Acosta, D., Benavides, M. C., Jiménez, C., Ángela, G., Jaramillo, M., Felipe, J., García, R., Méndez, A., Marianne, J., & Sanín, S. (n.d.). Guía para la administración del riesgo DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE LA FUNCIÓN PÚBLICA. Retrieved July 17, 2019, from

<https://www.funcionpublica.gov.co/documents/418537/506911/1592.pdf/73e5a159-2d8f-41aa-8182-eb99e8c4f3ba>

Rudas Tayo, L. P. (2017). Modelo de gestión de riesgos para proyectos de desarrollo tecnológico.

[https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/86/1/RudasTayoLeidyP MDGPI 2017.pdf](https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/86/1/RudasTayoLeidyP%20MDGPI%202017.pdf)

Sangaiah, A. K., Samuel, O. W., Li, X., Abdel-Basset, M., & Wang, H. (2018). Towards an efficient risk assessment in software projects–Fuzzy reinforcement paradigm. *Computers & Electrical Engineering*, 71, 833–846. <https://doi.org/10.1016/J.COMPELECENG.2017.07.022>

Tayo, L. R. (2017). Modelo de gestión de riesgos para proyectos de desarrollo tecnológico. CIATEQ.

Urbano, A. F. (2015). Análisis cuantitativo de riesgos de programa y presupuesto en una empresa de manufactura que trabaja por proyectos.

Vyssoulis, G. (2002). Extreme dippers have not excessive cardiovascular risk. *American Journal of Hypertension*, 14(11), A47. [https://doi.org/10.1016/s0895-7061\(01\)01532-1](https://doi.org/10.1016/s0895-7061(01)01532-1)

Willian, A., & Magister, D. V. (2013). Método para la evaluación de riesgos y costos de las medidas de tratamiento en proyectos de innovación bajo el enfoque de co-creación. *Gerenc. Tecnol. Inform*, 13(35), 17–31.

9. ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario clasificación de los riesgos utilizado en las reuniones con los expertos

Formulario: Cualificación de riesgos en TI

El siguiente formulario busca la identificación y cualificación de los riesgos potenciales que pueden impactar los proyectos en tecnologías de la información en el sector salud.

Agradezco su colaboración y aportes en este trabajo.

Identificación de los riesgos aplicables al contexto de cada proyecto

Desde su experiencia, ¿Es relevante incluir este riesgo en un proyecto de TI del sector salud?

	SI	NO
Demasiadas sorpresa en el proyecto (Incertidumbre)	☐	☐
Demasiado trabajo sin planificar en el proyecto	☐	☐
Dificultad de gestión y seguimiento de múltiples proyectos	☐	☐

Anexo 2. Hoja de cálculo con cuestionario de cualificación de los riesgos

FORMULARIO PARA LA CUALIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Los riesgos listados se calificarán en tres aspectos, impacto del riesgo, probabilidad de ocurrencia y posibilidad de detección. Los valores se asignarán de acuerdo a las siguientes tablas:

Valor	Variable	Descripción del impacto
9 o 10	Tiempo	El tiempo del proyecto aumento más del 20%
	Costo	El costo total del proyecto aumenta más de del 20%
	Calidad	El efecto en el alcance cambia el entregable del proyecto y no es útil al cliente
7 o 8	Tiempo	El tiempo del proyecto aumento entre el 10% y el 20%
	Costo	El costo total del proyecto aumenta entre el 10% y el 20%
	Calidad	El efecto en el alcance cambia el entregable del proyecto y puede no ser útil al cliente
5 o 6	Tiempo	El tiempo del proyecto aumento entre el 5% y el 10%
	Costo	El costo total del proyecto aumenta entre el 5% y el 10%
	Calidad	Los efectos de los cambios deben ser aprobados por el cliente
3 o 4	Tiempo	El aumento del tiempo del proyecto es menor al 5%
	Costo	El costo total del proyecto no excede el 5%
	Calidad	El efecto es menor, pero requiere ser aprobado internamente o por el cliente
1 o 2	Tiempo	El impacto es inapreciable
	Costo	El impacto es inapreciable
	Calidad	Los cambios no son perceptibles

Detección	Puntaje
No se puede detectar el riesgo ni anticiparlo con un plan de contingencia	1
Difícilmente se puede detectar	2
Se puede detectar el riesgo de manera media	3
Se puede detectar el riesgo de manera moderada	4
Se puede detectar el riesgo y anticiparlo con un plan de contingencia	5

Probabilidad	Puntaje
Improbable	1
Poco Probable	2
Probable	3
Altamente Probable	4
Casi Certero	5

Anexo 3. Lista de riesgos identificados

Nivel 1 de la RBS	Nivel 2 de la RBS	Riesgo
1. Riesgo técnico	Análisis	Requerimientos incompletos
1. Riesgo técnico	Análisis	Tiempo inadecuado para obtener los requisitos
1. Riesgo técnico	Análisis	Usuarios con falta de conocimiento de sus propios procesos
1. Riesgo técnico	Análisis	Usuarios que no son creativos en desarrollo de soluciones
1. Riesgo técnico	Análisis	Beneficios poco claros del trabajo

1. Riesgo técnico	Análisis	Falta de medición general del proceso.
1. Riesgo técnico	Análisis	Métodos de análisis in escalables y demasiado formales
1. Riesgo técnico	Análisis	Problema indicado como origen que no es el problema real
1. Riesgo técnico	Análisis	Los problemas reales son políticos y no técnicos
1. Riesgo técnico	Desarrollo	Exceso de responsabilidad en una persona
1. Riesgo técnico	Desarrollo	Salida de una persona clave
1. Riesgo técnico	Desarrollo	Desarrollo realizado ad hoc sin diseño adecuado
1. Riesgo técnico	Desarrollo	Falta de énfasis en las pruebas
1. Riesgo técnico	Desarrollo	Herramientas inadecuadas
1. Riesgo técnico	Desarrollo	Desarrolladores que no comparten conocimientos
1. Riesgo técnico	Desarrollo	Falta de revisión en profundidad del trabajo
1. Riesgo técnico	Desarrollo	Usuarios que contactan regularmente con programadores directamente
1. Riesgo técnico	Desarrollo	Falta de trabajo en equipo entre desarrolladores
1. Riesgo técnico	Desarrollo	Desarrolladores que no pueden aceptar los detalles del enfoque técnico
1. Riesgo técnico	Desarrollo	Falta de aplicación de conocimientos y experiencia pasados
1. Riesgo técnico	Desarrollo	Desarrolladores que se concentran en las partes fáciles primero
1. Riesgo técnico	Estimaciones, supuestos y restricciones	Costos ocultos sustanciales del paquete de software
1. Riesgo técnico	Estimaciones, supuestos y restricciones	Pocos directrices para hacer el trabajo
1. Riesgo técnico	Implementación	Usuarios que rechazan aceptar la responsabilidad
1. Riesgo técnico	Implementación	Usuarios que no están disponibles para participar en la implementación
1. Riesgo técnico	Implementación	Cambios en los requisitos de último minuto
1. Riesgo técnico	Implementación	Problemas que persisten
1. Riesgo técnico	Implementación	Problemas resueltos que se persisten
1. Riesgo técnico	Implementación	Formación de usuarios incompleta o inadecuada
1. Riesgo técnico	Implementación	Usuarios que resisten el cambio durante la implementación

1. Riesgo técnico	Implementación	Usuarios que continúan trabajando con el sistema antiguo
1. Riesgo técnico	Implementación	Problemas con los datos descubiertos durante la conversión de datos
1. Riesgo técnico	Implementación	Gestión de usuarios que no está disponible para hacer cumplir con el nuevo proceso
1. Riesgo técnico	Implementación	Pruebas inadecuadas del usuario
1. Riesgo técnico	Paquetes de software	No hay paquete de software que cumple con los requisitos
1. Riesgo técnico	Paquetes de software	Falta de soporte del proveedor en la ubicación del cliente
1. Riesgo técnico	Paquetes de software	Software sin novedades en un tiempo
1. Riesgo técnico	Paquetes de software	Decidir si no se migra a una nueva versión
1. Riesgo técnico	Paquetes de software	Falta de soporte del proveedor para el producto.
1. Riesgo técnico	Paquetes de software	Proveedor del paquete de software fue adquirido por otra empresa
1. Riesgo técnico	Paquetes de software	Características y funciones prometidas que no están
1. Riesgo técnico	Paquetes de software	Documentación inadecuada del producto
1. Riesgo técnico	Paquetes de software	Falta de entrenamiento calificado en uso del paquete de software
1. Riesgo técnico	Paquetes de software	Flexibilidad limitada del paquete de software
1. Riesgo técnico	Procesos técnicos	Demasiadas sorpresas en el proyecto (Incertidumbre)
1. Riesgo técnico	Procesos técnicos	Falta de interés de la gerencia una vez que el plan es aprobado
1. Riesgo técnico	Procesos técnicos	Dificultad en la vinculación de factores de planificación ti al negocio
1. Riesgo técnico	Procesos técnicos	Expectativas altas de gerencia en los esfuerzos de planificación
1. Riesgo técnico	Procesos técnicos	Falta de una visión o misión de negocio definida
1. Riesgo técnico	Procesos técnicos	Limitaciones o falta de recursos para hacer la planificación.

1. Riesgo técnico	Procesos técnicos	Fracaso de los esfuerzos anteriores de planificación
1. Riesgo técnico	Procesos técnicos	Decidir si el plan de ti debe estar impulsado por un negocio o conductor
1. Riesgo técnico	Procesos técnicos	Los negocios no son claros sobre lo que obtendrían del plan
1. Riesgo técnico	Procesos técnicos	Desafío para convertir las acciones en el plan de acciones
1. Riesgo técnico	Tecnología	Fusión y combinación de proveedores de tecnología
1. Riesgo técnico	Tecnología	Falta de integración con la tecnología.
1. Riesgo técnico	Tecnología	Falta de tiempo para aprender adecuadamente la nueva tecnología
1. Riesgo técnico	Tecnología	Beneficios poco claros de la nueva tecnología
1. Riesgo técnico	Tecnología	Necesidad de una decisión en cuanto a adoptar una nueva tecnología
1. Riesgo técnico	Tecnología	Incompatibilidad de las tecnologías en uso y de uso potencial.
1. Riesgo técnico	Tecnología	Preocupaciones sobre la privacidad
1. Riesgo técnico	Tecnología	La nueva tecnología es solo una mejora incremental
1. Riesgo técnico	Tecnología	Amplia gama de soluciones de tecnología potencial
1. Riesgo técnico	Tecnología	Proveedor que está forzando una actualización
1. Riesgo técnico	Tecnología	Falta de estándares
1. Riesgo técnico	Tecnología	Tecnología que está cambiando lenta o rápidamente
2. Riesgo de gestión	Administración	Expectativas poco realistas de la administración sobre beneficios y los impactos
2. Riesgo de gestión	Administración	Falta de metas claras
2. Riesgo de gestión	Administración	Los cambios frecuentes de la administración de dirección
2. Riesgo de gestión	Administración	Las decisiones que se hacen sin el consejo o la participación de los administradores de ti
2. Riesgo de gestión	Administración	Alta rotación de la gerencia
2. Riesgo de gestión	Administración	La gerencia recomienda recursos de algunos trabajos y reasignación

2. Riesgo de gestión	Administración	Intentos de la gerencia para micro administrar el trabajo
2. Riesgo de gestión	Administración	La falta de interés de la gerencia en asuntos de importancia
2. Riesgo de gestión	Administración	Ausencia de la gerencia en la solución de problemas
2. Riesgo de gestión	Administración	Falta de un plan estratégico de ti.
2. Riesgo de gestión	Administración	Falta de alineación de ti al negocio.
2. Riesgo de gestión	Dirección de proyectos	Proyectos que no parecen empezar conforme a lo planeado
2. Riesgo de gestión	Dirección de proyectos	Demasiado trabajo sin planificar en el proyecto
2. Riesgo de gestión	Dirección de proyectos	Dificultad de gestión y seguimiento de múltiples proyectos
2. Riesgo de gestión	Dirección de proyectos	Consumo de tiempo en la administración de proyecto
2. Riesgo de gestión	Dirección de proyectos	Líderes del proyecto que no tienen habilidades y conocimientos
2. Riesgo de gestión	Dirección de proyectos	Falta de informes de proyectos estándar
2. Riesgo de gestión	Dirección de proyectos	Proyectos pequeños que no son tratados como proyectos
2. Riesgo de gestión	Dirección de proyectos	Los proyectos más grandes se dividen incorrectamente
2. Riesgo de gestión	Dirección de proyectos	Demasiados proyectos
2. Riesgo de gestión	Dirección de proyectos	No saber lo que está pasando en el proyecto
2. Riesgo de gestión	Dirección de proyectos	Dificultad mostrando los beneficios de los proyectos de tecnología en el plan
2. Riesgo de gestión	Dirección de proyectos	Ausencia de una desventaja si el proyecto no es terminado
2. Riesgo de gestión	Dirección de proyectos	Líder de proyecto o trabajo que es junior y falta experiencia
2. Riesgo de gestión	Equipos	Falta de trabajo en equipo
2. Riesgo de gestión	Equipos	Miembros del equipo o departamentos que no llegan a uno con otro

2. Riesgo de gestión	Equipos	Miembros del equipo que son difíciles de manejar
2. Riesgo de gestión	Equipos	Amplio rango de experiencia y conocimiento entre los miembros del equipo
2. Riesgo de gestión	Equipos	Rotación importante entre miembros del equipo
2. Riesgo de gestión	Equipos	Falta de motivación
2. Riesgo de gestión	Equipos	No mucha comunicación entre los miembros del equipo y fuera del equipo
2. Riesgo de gestión	Equipos	El nuevo miembro del equipo debe ser socializado en el grupo
2. Riesgo de gestión	Equipos	Rendimiento de los miembros del equipo que no parece mejorar a lo largo del tiempo
2. Riesgo de gestión	Equipos	Demasiado tiempo dedicado a las reuniones
2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Falta de lineamientos o limitaciones para el uso de métodos y herramientas
2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Herramientas que se utilizan sin métodos estructurados
2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Falta de revisiones formales de trabajo y mucho que revisar
2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Métodos que son demasiado informales
2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Falta de informes sobre el trabajo
2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Falta de planificación para el trabajo
2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	No se recopilan las experiencias de realizar el trabajo
2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Introducción de nuevas herramientas
2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Repetición de los mismos errores en el trabajo
2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Personas que trabajan en un modo de tarea individual
2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Muchos miembros del personal prefieren el apoyo de operaciones que proyectos
2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Demasiado trabajo de emergencia

2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Personal que utiliza el mantenimiento como una oportunidad de reprogramar el software
2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Relación generalmente acogedora entre algunos gerentes de ti, personal y usuarios
2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Requerimientos de apoyo en general muy especializados
2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Falta de medición de soporte y mantenimiento
2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	No hay diferenciación entre mantenimiento y mejora
2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Como deben gestionarse las operaciones y el mantenimiento
2. Riesgo de gestión	Resistencia al cambio	Cambio que no se ajusta a nuestro trabajo
2. Riesgo de gestión	Resistencia al cambio	Haber probado cosas similares que antes no funcionaron
2. Riesgo de gestión	Resistencia al cambio	Falta de incentivo al cambio
2. Riesgo de gestión	Resistencia al cambio	Cambio que significa más trabajo para la misma compensación
2. Riesgo de gestión	Resistencia al cambio	Falta de recursos disponibles o tiempo para apoyar el cambio
2. Riesgo de gestión	Resistencia al cambio	Tecnología o cambio que es muy complicado
2. Riesgo de gestión	Resistencia al cambio	Posible pérdida de trabajo
2. Riesgo de gestión	Resistencia al cambio	Cambio resistente porque lo que se ha hecho bien en el pasado
2. Riesgo de gestión	Resistencia al cambio	Incapacidad para enseñar a un perro viejo nuevos trucos
2. Riesgo de gestión	Resistencia al cambio	Cambio que es muy riesgo
2. Riesgo de gestión	Resistencia al cambio	No hay responsabilidad cuando el cambio no funciona
3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	Rendimiento inadecuado del proveedor
3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	Personal del proveedor que no comparte información
3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	Proveedores que utilizan sus propios métodos y herramientas de propiedad

3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	Proveedores que hacen algo diferente de lo que acordaron hacer
3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	Proveedor con importante rotación del personal
3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	Comunicados de proveedores no estructurados
3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	Proveedor seleccionado políticamente por la gerencia
3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	Proveedor que no resuelve temas
3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	Líder del equipo de proveedores que falta de comunicación con el personal de proveedores
3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	Proveedor que promete demasiado
3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	El personal del proveedor estará extendido en múltiples clientes
3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	Personal del proveedor poco calificado
3. Riesgo comercial	Sedes	Sede dictando una solución
3. Riesgo comercial	Sedes	No tiene en cuenta necesidades de recursos a nivel local
3. Riesgo comercial	Sedes	Sede que intenta micro gestionar el trabajo en la unidad de negocio
3. Riesgo comercial	Sedes	Falta de comprensión de las diferencias culturales y políticas entre ubicaciones
3. Riesgo comercial	Sedes	Pobre comunicación entre la unidad de negocio y la sede
3. Riesgo comercial	Sedes	Alto volumen de negocios y de personas en la sede
3. Riesgo comercial	Sedes	Sede que cambia la dirección a menudo durante la implementación
3. Riesgo comercial	Sedes	Sede inflexible en la implementación del proyecto
3. Riesgo comercial	Sedes	Sede que no ofrece ninguna dirección para el trabajo
3. Riesgo comercial	Sedes	Sede que no proporciona la financiación necesaria
3. Riesgo comercial	Sedes	Incidencias y preguntas formuladas en la sede que no se enfrentan

3. Riesgo comercial	Unidades de negocio	Usuarios que resisten el cambio
3. Riesgo comercial	Unidades de negocio	Usuarios que quieren la tecnología, pero no quieren cambiar
3. Riesgo comercial	Unidades de negocio	Procesos de negocio que tienen muchas excepciones
3. Riesgo comercial	Unidades de negocio	Muchos sistemas sombra en las unidades de negocio
3. Riesgo comercial	Unidades de negocio	Muchas variaciones en uso del mismo proceso
3. Riesgo comercial	Unidades de negocio	Dificultad para conseguir usuarios calificados que se unan al esfuerzo
3. Riesgo comercial	Unidades de negocio	Usuarios que no quieren asumir responsabilidad
3. Riesgo comercial	Unidades de negocio	Usuarios que no resuelven los problemas de forma rápida o adecuada
3. Riesgo comercial	Unidades de negocio	Usuarios que dictan soluciones
3. Riesgo comercial	Unidades de negocio	Administración del usuario que está intentando manipularlo para obtener más poder
3. Riesgo comercial	Unidades de negocio	Usuarios que cambian los requisitos con frecuencia
3. Riesgo comercial	Unidades de negocio	Usuarios que no están dispuestos a firmar
4. Riesgo externo	Normativo	Cambios del marco legal vigente

Anexo 4. Riesgos seleccionados para el estudio de cualificación

Código del riesgo	Nivel 1 de la RBS	Nivel 2 de la RBS	Riesgo
R2	1. Riesgo técnico	Procesos técnicos	Demasiadas sorpresas en el proyecto (Incertidumbre)
R3	2. Riesgo de gestión	Dirección de proyectos	Demasiado trabajo sin planificar en el proyecto
R4	2. Riesgo de gestión	Dirección de proyectos	Dificultad de gestión y seguimiento de múltiples proyectos

R13	1. Riesgo técnico	Tecnología	Falta de integración con la tecnología.
R17	1. Riesgo técnico	Tecnología	Incompatibilidad de las tecnologías en uso y de uso potencial.
R25	1. Riesgo técnico	Procesos técnicos	Dificultad en la vinculación de factores de planificación ti al negocio
R29	1. Riesgo técnico	Procesos técnicos	Limitaciones o falta de recursos para hacer la planificación.
R34	1. Riesgo técnico	Análisis	Requerimientos incompletos
R35	1. Riesgo técnico	Análisis	Tiempo inadecuado para obtener los requisitos
R50	1. Riesgo técnico	Paquetes de software	Características y funciones prometidas que no están
R51	1. Riesgo técnico	Paquetes de software	Documentación inadecuada del producto
R52	1. Riesgo técnico	Paquetes de software	Falta de entrenamiento calificado en uso del paquete de software
R56	1. Riesgo técnico	Desarrollo	Salida de una persona clave
R57	1. Riesgo técnico	Desarrollo	Desarrollo realizado ad hoc sin diseño adecuado
R58	1. Riesgo técnico	Desarrollo	Falta de énfasis en las pruebas
R69	1. Riesgo técnico	Implementación	Usuarios que no están disponibles para participar en la implementación
R70	1. Riesgo técnico	Implementación	Cambios en los requisitos de último minuto
R71	1. Riesgo técnico	Implementación	Problemas que persisten
R74	1. Riesgo técnico	Implementación	Usuarios que resisten el cambio durante la implementación
R75	1. Riesgo técnico	Implementación	Usuarios que continúan trabajando con el sistema antiguo
R76	1. Riesgo técnico	Implementación	Problemas con los datos descubiertos durante la conversión de datos
R78	1. Riesgo técnico	Implementación	Pruebas inadecuadas del usuario
R81	2. Riesgo de gestión	Equipos	Miembros del equipo que son difíciles de manejar
R84	2. Riesgo de gestión	Equipos	Rotación importante entre miembros del equipo
R85	2. Riesgo de gestión	Equipos	Falta de motivación

R89	2. Riesgo de gestión	Equipos	Demasiado tiempo dedicado a las reuniones
R90	2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Falta de lineamientos o limitaciones para el uso de métodos y herramientas
R95	2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Falta de planificación para el trabajo
R100	2. Riesgo de gestión	Administración	Expectativas poco realistas de la administración sobre beneficios y los impactos
R103	2. Riesgo de gestión	Administración	Las decisiones que se hacen sin el consejo o la participación de los administradores de TI
R104	2. Riesgo de gestión	Administración	Alta rotación de la gerencia
R105	2. Riesgo de gestión	Administración	La gerencia recomienda recursos de algunos trabajos y reasignación
R108	2. Riesgo de gestión	Administración	Ausencia de la gerencia en la solución de problemas
R110	2. Riesgo de gestión	Administración	Falta de alineación de ti al negocio.
R113	2. Riesgo de gestión	Resistencia al cambio	Falta de incentivo al cambio
R118	2. Riesgo de gestión	Resistencia al cambio	Cambio resistente porque lo que se ha hecho bien en el pasado
R121	2. Riesgo de gestión	Resistencia al cambio	No hay responsabilidad cuando el cambio no funciona
R123	2. Riesgo de gestión	Gestión de las operaciones	Demasiado trabajo de emergencia
R130	3. Riesgo comercial	Unidades de negocio	Usuarios que resisten el cambio
R132	3. Riesgo comercial	Unidades de negocio	Procesos de negocio que tienen muchas excepciones
R133	3. Riesgo comercial	Unidades de negocio	Muchos sistemas sombra en las unidades de negocio
R134	3. Riesgo comercial	Unidades de negocio	Muchas variaciones en uso del mismo proceso
R136	3. Riesgo comercial	Unidades de negocio	Usuarios que no quieren asumir responsabilidad
R140	3. Riesgo comercial	Unidades de negocio	Usuarios que cambian los requisitos con frecuencia
R146	3. Riesgo comercial	Sedes	Pobre comunicación entre la unidad de negocio y la sede
R147	3. Riesgo comercial	Sedes	Alto volumen de negocios y de personas en la sede

R149	3. Riesgo comercial	Sedes	Sede inflexible en la implementación del proyecto
R152	3. Riesgo comercial	Sedes	Incidencias y preguntas formuladas en la sede que no se enfrentan
R154	3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	Personal del proveedor que no comparte información
R156	3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	Proveedores que hacen algo diferente de lo que acordaron hacer
R157	3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	Proveedor con importante rotación del personal
R160	3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	Proveedor que no resuelve temas
R163	3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	El personal del proveedor estará extendido en múltiples clientes
R164	3. Riesgo comercial	Proveedores y vendedores	Personal del proveedor poco calificado
R165	4. Riesgo externo	Normativo	Cambios del marco legal vigente

Anexo 5. Relaciones de las actividades con los riesgos priorizados

RBS	Riesgo	EDT	Mín.	Más probable	Máx.
R34	Requerimientos incompletos	1.1.1	8	15	30
R34	Requerimientos incompletos	1.2.2.1	8	30	60
R34	Requerimientos incompletos	1.3.1.1	8	15	30
R34	Requerimientos incompletos	1.5.2.1	8	15	30
R34	Requerimientos incompletos	1.5.3.1	8	15	30
R35	Tiempo inadecuado para obtener los requisitos	1.1.1	8	15	30
R35	Tiempo inadecuado para obtener los requisitos	1.2.2.1	8	30	60
R35	Tiempo inadecuado para obtener los requisitos	1.3.1.1	8	15	30
R35	Tiempo inadecuado para obtener los requisitos	1.5.2.1	8	15	30
R35	Tiempo inadecuado para obtener los requisitos	1.5.3.1	8	15	30
R50	Características y funciones prometidas que no están	1.5.1.2	15	30	60

R50	Características y funciones prometidas que no están	1.2.1.2	15	30	60
R50	Características y funciones prometidas que no están	1.2.2.3	15	45	90
R50	Características y funciones prometidas que no están	1.5.2.3	15	30	60
R50	Características y funciones prometidas que no están	1.5.3.3	15	30	60
R56	Salida de una persona clave	1.5.1.1	30	60	90
R57	Desarrollo realizado ad hoc sin diseño adecuado	1.5.1.2	15	30	60
R69	Usuarios que no están disponibles para participar en la implementación	1.1.7	8	30	60
R69	Usuarios que no están disponibles para participar en la implementación	1.5.1.5	8	15	30
R74	Usuarios que resisten el cambio durante la implementación	1.1.7	15	20	30
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	1.1.2	15	20	30
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	1.2.1.1	30	60	90
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	1.2.2.2	30	60	90
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	1.3.1.2	30	60	90
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	1.3.2.2	30	60	90
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	1.4.2	30	60	90
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	1.5.1.1	30	60	90
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	1.5.2.2	30	60	90
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	1.5.3.1	30	60	90
R103	Las decisiones que se hacen sin el consejo o la participación de los administradores de TI	1.1.1	8	15	30

R103	Las decisiones que se hacen sin el consejo o la participación de los administradores de TI	1.2.2.1	8	15	60
R103	Las decisiones que se hacen sin el consejo o la participación de los administradores de TI	1.3.1.1	8	15	30
R123	Demasiado trabajo de emergencia	1.1.2	3	8	20
R123	Demasiado trabajo de emergencia	1.2.1.1	3	8	15
R123	Demasiado trabajo de emergencia	1.2.2.2	3	16	30
R123	Demasiado trabajo de emergencia	1.3.1.2	3	8	15
R123	Demasiado trabajo de emergencia	1.5.1.1	3	8	15
R123	Demasiado trabajo de emergencia	1.5.2.2	3	8	15
R123	Demasiado trabajo de emergencia	1.5.3.2	3	8	15
R140	Usuarios que cambian los requisitos con frecuencia	1.1.2	8	15	30
R156	Proveedores que hacen algo diferente de lo que acordaron hacer	1.5.1.2	15	20	30
R165	Cambios del marco legal vigente	1.5.2.1	30	60	120
			584	1204	2135

Anexo 6. Probabilidades de los riesgos asociados a la EDT

RBS	Riesgo	EDT	Probabilidad
R34	Requerimientos incompletos	1.1.1	50%
R34	Requerimientos incompletos	1.2.2.1	50%
R34	Requerimientos incompletos	1.3.1.1	50%
R34	Requerimientos incompletos	1.5.2.1	50%
R34	Requerimientos incompletos	1.5.3.1	50%
R35	Tiempo inadecuado para obtener los requisitos	1.1.1	70%
R35	Tiempo inadecuado para obtener los requisitos	1.2.2.1	70%
R35	Tiempo inadecuado para obtener los requisitos	1.3.1.1	70%
R35	Tiempo inadecuado para obtener los requisitos	1.5.2.1	70%
R35	Tiempo inadecuado para obtener los requisitos	1.5.3.1	70%
R50	Características y funciones prometidas que no están	1.5.1.2	50%
R50	Características y funciones prometidas que no están	1.2.1.2	50%
R50	Características y funciones prometidas que no están	1.2.2.3	50%
R50	Características y funciones prometidas que no están	1.5.2.3	50%
R50	Características y funciones prometidas que no están	1.5.3.3	50%

R56	Salida de una persona clave	1.5.1.1	10%
R57	Desarrollo realizado ad hoc sin diseño adecuado	1.5.1.2	50%
R69	Usuarios que no están disponibles para participar en la implementación	1.1.7	60%
R69	Usuarios que no están disponibles para participar en la implementación	1.5.1.5	60%
R74	Usuarios que resisten el cambio durante la implementación	1.1.7	50%
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	1.1.2	2%
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	1.2.1.1	2%
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	1.2.2.2	2%
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	1.3.1.2	2%
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	1.3.2.2	2%
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	1.4.2	2%
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	1.5.1.1	2%
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	1.5.2.2	2%
R84	Rotación importante entre miembros del equipo	1.5.3.1	2%
R103	Las decisiones que se hacen sin el consejo o la participación de los administradores de TI	1.1.1	50%
R103	Las decisiones que se hacen sin el consejo o la participación de los administradores de TI	1.2.2.1	50%
R103	Las decisiones que se hacen sin el consejo o la participación de los administradores de TI	1.3.1.1	50%
R123	Demasiado trabajo de emergencia	1.1.2	50%
R123	Demasiado trabajo de emergencia	1.2.1.1	50%
R123	Demasiado trabajo de emergencia	1.2.2.2	50%
R123	Demasiado trabajo de emergencia	1.3.1.2	50%
R123	Demasiado trabajo de emergencia	1.5.1.1	50%
R123	Demasiado trabajo de emergencia	1.5.2.2	50%
R123	Demasiado trabajo de emergencia	1.5.3.2	50%
R140	Usuarios que cambian los requisitos con frecuencia	1.1.2	50%
R156	Proveedores que hacen algo diferente de lo que acordaron hacer	1.5.1.2	10%
R165	Cambios del marco legal vigente	1.5.2.1	2%

Anexo 7. Duraciones PERT

EDT	Duración Optimista	Duración Más Probable	Duración Pesimista
1.1			
1.1.1	50	54	60

1.1.2	115	127	180
1.1.3	60	66	80
1.1.4	60	74	90
1.1.5	15	18	20
1.1.6	31	34	45
1.1.7	100	114	130
1.2			
1.2.1			
1.2.1.1	75	86	110
1.2.1.2	56	60	75
1.2.1.3	14	15	20
1.2.1.4	2	2	5
1.2.2			
1.2.2.1	160	194	200
1.2.2.2	160	191	230
1.2.2.3	120	139	160
1.2.2.4	50	57	75
1.2.2.5	1	2	5
1.3			
1.3.1			
1.3.1.1	30	37	50
1.3.1.2	40	44	60
1.3.1.3	40	51	60
1.3.1.4	2	4	8
1.3.1.5	8	15	20
1.3.2			
1.3.2.1	170	194	260
1.3.2.2	160	191	260
1.3.2.3	115	139	160
1.3.2.4	2	2	5
1.4			
1.4.1	5	6	8
1.4.2	20	33	40
1.4.3	5	9	15
1.4.4	50	56	75
1.5			
1.5.1			
1.5.1.1	30	34	45
1.5.1.2	50	62	70
1.5.1.3	15	20	30
1.5.1.4	15	20	30

1.5.1.5	1	2	5
1.5.2			
1.5.2.1	12	13	20
1.5.2.2	45	50	60
1.5.2.3	5	7	9
1.5.2.4	2	3	5
1.5.2.5	2	3	5
1.5.3			
1.5.3.1	8	9	15
1.5.3.2	45	50	70
1.5.3.3	5	7	9
1.5.3.4	2	3	5
1.5.3.5	2	3	5