

# Proyecto Fin de Carrera

## Ingeniería de Organización Industrial

Adaptación del modelo de gestión de riesgos de la  
NASA a proyectos de ingeniería

Autor: Carlos Trócoli de Toro

Tutor: Guillermo Montero Fernández-Vivancos

**Dpto. de Organización Industrial y Gestión de  
Empresas II**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**

Sevilla, 2023





Proyecto Fin de Carrera  
Ingeniería de Organización Industrial

# **Adaptación del modelo de gestión de riesgos de la NASA a proyectos de ingeniería**

Autor:

Carlos Trócoli de Toro

Tutor:

Guillermo Montero Fernández-Vivancos

Profesor asociado

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas II

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2023



Proyecto Fin de Carrera: Adaptación del modelo de gestión de riesgos de la NASA a proyectos de ingeniería

Autor: Carlos Trócoli de Toro

Tutor: Guillermo Montero Fernández-Vivancos

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2023

El Secretario del Tribunal



# Agradecimientos

---

*A mi familia*

*A mis amigos*

# Resumen

---

El presente trabajo tiene como objetivo principal abordar la adaptación del modelo de gestión de riesgos utilizado por la NASA a proyectos de ingeniería. La gestión de riesgos es un componente crítico en cualquier proyecto, especialmente en aquellos que involucran desarrollos tecnológicos complejos.

La NASA ha sido reconocida internacionalmente por su enfoque riguroso y efectivo en la gestión de riesgos, utilizando procesos clave como el CRM (Continuous Risk Management) y el RIDM (Risk-Informed Decision Making). En este trabajo, se analizará la aplicabilidad de estos procesos en el contexto de proyectos de ingeniería, evaluando su efectividad y proponiendo posibles adaptaciones.

Se espera que este estudio contribuya al desarrollo y mejora de los procesos de gestión de riesgos en proyectos de ingeniería, al adaptar y aplicar de manera efectiva los modelos de gestión de riesgos utilizados por la NASA. Además, se busca identificar posibles desafíos y limitaciones en la implementación de estos procesos en el contexto de proyectos de ingeniería, así como proponer recomendaciones y mejores prácticas para su aplicación exitosa. El objetivo último es fomentar una cultura de gestión de riesgos sólida y efectiva en el ámbito de la ingeniería, contribuyendo así a la realización exitosa de proyectos tecnológicos complejos.



# Abstract

---

The main objective of this paper is to address the adaptation of the risk management model used by NASA to engineering projects. Risk management is a critical component in any project, especially in those involving complex technological developments.

NASA has been internationally recognized for its rigorous and effective approach to risk management, using key processes such as CRM (Continuous Risk Management) and RIDM (Risk-Informed Decision Making). In this paper, the applicability of these processes in the context of engineering projects will be analyzed, evaluating their effectiveness and proposing possible adaptations.

It is expected that this study will contribute to the development and improvement of risk management processes in engineering projects, by adapting and effectively applying the risk management models used by NASA. In addition, it seeks to identify possible challenges and limitations in the implementation of these processes in the context of engineering projects, as well as to propose recommendations and best practices for their successful application. The ultimate goal is to foster a strong and effective risk management culture in the engineering field, thus contributing to the successful implementation of complex technological projects.

<b>Agradecimientos</b>	<b>vii</b>
<b>Resumen</b>	<b>viii</b>
<b>Abstract</b>	<b>x</b>
<b>Índice</b>	<b>xi</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>xiv</b>
<b>Notación</b>	<b>xvii</b>
<b>1 Objeto y estructura del trabajo</b>	<b>11</b>
1.1. <i>Objeto del trabajo</i>	11
1.1.1 Gestión de riesgos	11
1.1.2 Interfaces del proceso RIDM	11
1.1.3 Proceso RIDM	11
1.1.4 Proceso CRM	12
1.1.5 Aplicabilidad y conclusiones	12
<b>2 Principales riesgos en proyectos</b>	<b>13</b>
2.1 <i>Riesgos de costos</i>	13
2.1.1 ¿Qué son los riesgos de costos?	13
2.1.2 Impacto de los riesgos de costo	13
2.1.3 Estrategias de mitigación	13
2.2 <i>Riesgos de tiempo</i>	14
2.2.1 Causas de los riesgos de tiempo	14
2.2.2 Impacto de los riesgos de tiempo	14
2.2.3 Estrategias de mitigación	14
2.3 <i>Riesgos de calidad</i>	15
2.3.1 Causas de los riesgos de calidad	15
2.3.2 Impacto de los riesgos de calidad	15
2.3.3 Estrategias de mitigación	15
2.4 <i>Riesgos técnicos</i>	16
2.4.1 Causas de los riesgos técnicos	16
2.4.2 Impacto de los riesgos técnicos	16
2.4.3 Estrategias de mitigación	17
2.5 <i>Riesgos legales y de cumplimiento</i>	17
2.5.1 Causas de los riesgos legales y de cumplimiento	17
2.5.2 Impacto de los riesgos legales y de cumplimiento	17
2.5.3 Estrategias de mitigación	18
2.6 <i>Riesgos de seguridad y salud</i>	18
2.6.1 Causas de los riesgos de seguridad y salud	18
2.6.2 Impacto de los riesgos de seguridad y salud	19
2.6.3 Estrategias de mitigación	19

2.7	<i>Evaluación de riesgos</i>	19
2.7.1	Probabilidad	19
2.7.2	Gravedad o impacto	20
2.7.3	Priorización	20
2.7.4	Desarrollo de planes de gestión	20
2.7.5	Monitoreo y actualización continua	20
<b>3</b>	<b>Gestión de Riesgos</b>	<b>21</b>
3.1	<i>Preámbulo</i>	21
3.2	<i>Introducción</i>	21
3.3	<i>Alcance</i>	21
3.4	<i>Contexto</i>	21
3.5	<i>Aplicabilidad</i>	22
3.5.1	¿Cuándo se aplica el RIDM?	23
3.5.2	¿Cuándo se aplica el CRM?	23
<b>4</b>	<b>Interfaces del proceso RIDM</b>	<b>24</b>
3.1.	<i>Negociación de objetivos más allá de los límites de la unidad organizativa</i>	24
3.2.	<i>Preparación de un plan preliminar de gestión de riesgos</i>	24
3.3.	<i>Inicialización del CRM usando el análisis de riesgos de la alternativa seleccionada</i>	24
3.4.	<i>Reajuste de los requisitos de rendimiento</i>	25
3.5.	<i>Mantenimiento del proceso RIDM</i>	27
<b>5</b>	<b>Proceso RIDM</b>	<b>28</b>
4.1.	<i>Parte 1) Identificación de alternativas</i>	28
4.1.1.	Paso 1. Entender las expectativas de los stakeholders	28
4.1.2.	Paso 2. Recopilación de alternativas viables	31
4.2.	<i>Parte 2) Análisis del riesgo de las alternativas</i>	32
4.2.1.	Paso 3. Establecer el marco y elegir las metodologías de análisis	32
4.2.2.	Paso 4. Realizar el análisis de riesgos y documentar los resultados	35
4.3.	<i>Parte 3. Selección de alternativas en función del riesgo</i>	43
4.3.1.	Paso 5. Desarrollar compromisos de resultados normalizados en función del riesgo	44
4.3.2.	Paso 6. Deliberar, seleccionar una alternativa y documentar la justificación de la decisión	47
<b>6</b>	<b>Proceso CRM</b>	<b>52</b>
5.1.	<i>Inicialización del proceso CRM</i>	54
6.1.1	Desarrollo del Plan de gestión de riesgos	54
6.1.2	Entradas al CRM	54
6.1.3	Objetivos de la tolerancia al riesgo en hitos proyectados	55
6.1.4	Desarrollo de taxonomías de riesgo iniciales	57
5.2.	<i>El paso de identificación del CRM</i>	57
5.2.1.	La estructura de un riesgo individual	58
5.2.2.	Fuentes de identificación de riesgos	62
5.2.3.	Defensa y apropiación del riesgo	63
5.3	<i>Paso Analizar</i>	63
5.3.1.	Introducción al análisis gradual y al uso de diagramas de escenarios de riesgo en CRM	64
5.3.2.	Resumen paso Analizar	65
5.3.3.	Enfoque gradual paso Analizar	70
5.4.	<i>Paso Plan</i>	74
5.4.1.	Generación de alternativas de respuesta al riesgo	76
5.4.2.	Análisis de riesgo de las alternativas de respuesta al riesgo	80

5.4.3.	Deliberación y selección de una respuesta al riesgo	81
5.5.	<i>Paso Seguimiento del CRM</i>	82
5.6.	<i>Paso Control del CRM</i>	84
5.6.1.	<i>Comunicación y documentación</i>	85
5.6.1.1.	Comunicación y documentación dentro del CRM	85
5.7.	<i>Aplicabilidad de los procesos del CRM centrados en el proyecto a otros ámbitos de riesgo</i>	85
5.7.1.	Riesgos institucionales	85
5.7.2.	Riesgos empresariales	86
5.7.3.	Riesgos estratégicos para toda la empresa	86
<b>7</b>	<b>Aplicabilidad</b>	<b>88</b>
7.1	<i>Cronograma del proyecto</i>	88
7.1.1	Planificación y desarrollo ingeniería	10
7.1.2	Demolición de la grada existente	10
7.1.3	Preparación del terreno y cimentación	12
7.1.4	Construcción de estructuras y graderío	13
7.1.5	Mejora y modernización de instalaciones	14
7.1.6	Pruebas y ajustes finales	14
<b>8</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>16</b>
8.1	<i>Aplicabilidad</i>	17
<b>9</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>18</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1. Gestión del riesgo como la interacción de los procesos RIDM y CRM	22
Figura 2. Descenso de los requisitos de rendimiento por la estructura organizativa	23
Figura 3. Inicialización CRM a partir del RIDM	25
Figura 4. Alcance de las organizaciones potencialmente afectadas por una reevaluación	26
Figura 5. Pasos Proceso RIDM	28
Figura 6. Objetivos fundamentales frente a objetivos medios	30
Figura 7. Relación escalas naturales frente a escalas aproximadas	31
Figura 8. Parte 2 proceso RIDM, Análisis del riesgo de las alternativas	32
Figura 9. Marco análisis de riesgos	33
Figura 10. Análisis de riesgos usando el modelo Monte Carlo	36
Figura 11. Parámetros de rendimiento inciertos que dan lugar a histogramas de medidas de rendimiento	37
Figura 12. Solidez e incertidumbre	38
Figura 13. Selección descendente de las alternativas	38
Figura 14. Conceptualización de la formulación de la incertidumbre de modelización	39
Figura 15. Representación de la sensibilidad según los parámetros de entrada	40
Figura 16. Aspectos clave de los niveles de evaluación de la credibilidad	41
Figura 17. Matriz niveles de análisis	41
Figura 18. Restricciones impuestas Matriz de Riesgos	42
Figura 19. Gráfico de bandas para medida de rendimiento X	42
Figura 20. Comparación de las distribuciones de incertidumbre	43
Figura 21. Proceso RIDM Parte 3	43
Figura 22. Establecimiento de los compromisos de rendimiento	44
Figura 23. Compromisos de resultados y tolerancias de riesgo para tres alternativas	47
Figura 24. Ejemplo de consideración de la incertidumbre: El potencial de alto rendimiento	49
Figura 25. Lista de riesgos teóricos para la alternativa X	50
Figura 26. Proceso CRM	53
Figura 27. Diagrama de flujo del proceso CRM	53
Figura 28. Disminución de la incertidumbre y el riesgo a lo largo del tiempo	55
Figura 29. Calendarios de reducción del riesgo teórico para varios requisitos de rendimiento	56
Figura 30. Planes teóricos de reducción de márgenes (reducción del riesgo) para varios márgenes de rendimiento	57
Figura 31. Paso Identificación proceso CRM	58
Figura 32. Generación y validación de un riesgo específico	60
Figura 33. Ejemplo taxonomía de condición/salida	61
Figura 34. Estructura y taxonomías de la declaración de riesgos	61
Figura 35 Esquema paso Analizar	64

Figura 36. Ejemplo escenario de riesgo	65
Figura 37. Condensación de la clasificación de criticidad táctica	68
Figura 38. Ejemplo matriz de riesgo	70
Figura 39. Formato de para que un RSD muestre los efectos de cada itinerario en los requisitos de rendimiento de la unidad organizativa	71
Figura 40. Interconexión de diagramas de escenarios de riesgo para distintas unidades organizativas	72
Figura 41. Plan según respuesta táctica	74
Figura 42. Plan según respuesta estratégica	75
Figura 43. Tareas del Plan	75
Figura 44. Relación entre las opciones de respuesta al riesgo y las alternativas de respuesta al riesgo	76
Figura 45. Prevención de los resultados y reducción de las consecuencias	77
Figura 46. Matriz de respuesta al riesgo conceptual	79
Figura 47. Gráfico de riesgo de rendimiento conceptual	80
Figura 48. Gráfico conceptual de riesgos para la medida de rendimiento X	81
Figura 49. Riesgos de rendimiento y tolerancias de riesgo para las alternativas de respuesta al riesgo en conflicto	82
Figura 50. Paso de seguimiento del CRM	83
Figura 51. Cuadro de seguimiento del riesgo de rendimiento	84
Figura 52. Paso control del CRM	84
Figura 53. Diagrama de Gantt de las distintas fases del proyecto	11
Figura 54. Diagrama de flujo de identificación de los distintos riesgos	10
Figura 55. Lista de riesgos demolición de la grada	11
Figura 56. Compromiso y rendimiento para las alternativas y seleccionar sus tolerancias	11
Figura 57. Comparación rendimiento entre ambas alternativas	11
Figura 58. Diagrama RSD que se aplicará en caso de X riesgo	12
Figura 59. Seguimiento de los riesgos a lo largo del proyecto	13
Figura 60. Planes de contingencia según los tipos de riesgo	14



# Notación

---

RM	Risk Management
CRM	Continuos Risk Management
RIDM	Risk Informed Decision Maker
ASAP	Aerospace Safety Advisory Panel
PMP	Project Management Plan
RMP	Risk Management Plan
TBfD	Technical Basis for Deliberation
RISR	Risk Informed Selection Report
RRD	Risk Response Document
RSD	Risk Scenario Diagram







# 1 OBJETO Y ESTRUCTURA DEL TRABAJO

---

*«El mayor riesgo es no tener ningún riesgo. En un mundo que cambia muy rápido, la única estrategia que garantiza fallar es no correr riesgos»*

*-Mark Zuckerberg-*

A lo largo del capítulo se explicará la estructura del trabajo y cada uno de sus capítulos. La estructura comenzará con todos los capítulos del ámbito general. Además, de esta manera, se profundizará y concretizará el tema central del trabajo de manera ordenada y organizada. Los siguientes son los capítulos que abordará el trabajo:

## 1.1. Objeto del trabajo

El objeto del proyecto es analizar y adaptar una metodología como la que propone la NASA para la gestión de riesgos de sus proyectos a proyectos típicos de ingeniería

### 1.1.1 Gestión de riesgos

En primer lugar, se hará una pequeña introducción de cómo se realiza la gestión de riesgos en la NASA. Dicha gestión de riesgos es la que a lo largo del documento se irá analizando y estudiando para ver su posible aplicabilidad a proyectos y organizaciones fuera de la NASA. A lo largo de este apartado se introducirán los dos procesos necesarios para llevar a cabo esta gestión de riesgos.

### 1.1.2 Interfaces del proceso RIDM

En este apartado se explicarán los elementos necesarios para llevar a cabo la inicialización de este proceso. Se hace una introducción más detallada de por qué se realiza este proceso y cómo se debe realizar. Las partes de la organización que intervienen en este proceso y los ajustes que deben de realizar entre ellas también serán explicadas en este apartado.

### 1.1.3 Proceso RIDM

La NASA utiliza este método para tomar decisiones sobre la gestión de riesgos. Consiste en cinco pasos

principales: identificar y caracterizar los riesgos; evaluar y clasificar los riesgos según su gravedad y probabilidad; crear opciones de mitigación de riesgos; y, finalmente, tomar decisiones basadas en la información obtenida para abordar los riesgos de manera efectiva. Este proceso ayudará a las organizaciones a equilibrar los riesgos asociados con las misiones espaciales y a tomar decisiones informadas para asegurar el éxito y la seguridad de las misiones.

#### **1.1.4 Proceso CRM**

Para gestionar y reducir continuamente los riesgos a lo largo de un proceso o proyecto, se utiliza el enfoque de gestión de riesgos continuos (CRM). implica un enfoque proactivo y continuo para identificar, evaluar, planificar y controlar los riesgos a lo largo de un proyecto o proceso con el objetivo de reducir los efectos negativos y maximizar las oportunidades.

#### **1.1.5 Aplicabilidad y conclusiones**

Una vez que se hayan explicados los procesos que intervienen en la gestión de riesgos de la NASA, se procederá a exponer la aplicabilidad de dichos procesos para que otras organizaciones puedan beneficiarse de utilizarlos. Para finalizar, se llegará a una conclusión final con la que se pondrá fin a este documento.

## 2 PRINCIPALES RIESGOS EN PROYECTOS

La gestión de proyectos es un proceso complejo que involucra la planificación, ejecución y control de múltiples actividades para lograr un objetivo específico en un plazo determinado. Sin embargo, en el proceso de lograr el éxito, los proyectos deben enfrentar una serie de obstáculos e incertidumbres que pueden comprometer su sostenibilidad y rentabilidad. El riesgo de costos es uno de los mayores que deben enfrentar los gerentes de proyectos.

### 2.1 Riesgos de costos

#### 2.1.1 ¿Qué son los riesgos de costos?

Los riesgos de costos son circunstancias o eventos que pueden hacer que los costos de un proyecto superen el presupuesto inicialmente estimado. Estos riesgos pueden surgir en diferentes etapas del proyecto y pueden tener diferentes causas, lo que los hace difíciles de prever y controlar por completo.

#### 2.1.2 Impacto de los riesgos de costo

El proyecto y la organización en su conjunto pueden verse gravemente afectados si no se abordan adecuadamente los riesgos de costos. Algunos de los efectos más frecuentes incluyen:

- Desviación del presupuesto: Si los costos superan el presupuesto, el proyecto podría encontrarse en dificultades financieras. Esto podría poner en riesgo el éxito del proyecto o requerir financiamiento adicional.
- Retrasos en el cronograma: los desbordamientos de costos pueden reducir los recursos y retrasar la adquisición de materiales y la contratación de personal, lo que afecta el cronograma del proyecto.
- Reducción de la calidad: Algunos proyectos pueden verse tentados a sacrificar la calidad de los productos o servicios entregados para compensar los costos adicionales.

#### 2.1.3 Estrategias de mitigación

Para reducir los costos, es esencial implementar estrategias apropiadas desde el inicio del proyecto:

- Estimación realista: Realizar una estimación rigurosa de los costos utilizando datos históricos, consultas an expertos y un análisis detallado de los recursos necesarios.
- Reservas de contingencia: En el presupuesto deben incluirse reservas para hacer frente an imprevistos y riesgos desconocidos que puedan surgir durante el proyecto.
- Monitoreo y control: Mantenga el presupuesto bajo control y tome medidas rápidas si se detectan desviaciones significativas.
- Contratos y acuerdos claros: Establezca contratos y acuerdos sólidos con proveedores y contratistas que describan claramente los costos y los términos en caso de cambios o imprevistos.
- Actualización del presupuesto: el presupuesto debe revisarse y ajustarse periódicamente para tener en cuenta cualquier cambio en las circunstancias del proyecto o del entorno empresarial.

En resumen, todos los proyectos deben enfrentar los riesgos de costos. Sin embargo, los gerentes de proyectos pueden reducir su impacto y aumentar las posibilidades de éxito al entregar el proyecto dentro del presupuesto con una planificación adecuada, un enfoque proactivo y una gestión sólida. La gestión eficaz de los riesgos de costos garantiza la viabilidad financiera del proyecto y aumenta el crecimiento y la reputación de la organización.

## 2.2 Riesgos de tiempo

Los riesgos de tiempo se refieren a la posibilidad de que un proyecto no termine dentro del plazo inicialmente establecido. Estos riesgos deben abordarse en la planificación y ejecución del proyecto porque pueden surgir en cualquier etapa del proyecto y tienen una variedad de causas.

### 2.2.1 Causas de los riesgos de tiempo

- Retrasos en la entrega de materiales: Si los proveedores no entregan los materiales necesarios a tiempo, puede haber retrasos en la ejecución de tareas importantes del proyecto.
- Problemas técnicos: Durante la implementación del proyecto, pueden surgir obstáculos técnicos imprevistos, ya sea en el desarrollo de productos, la configuración de sistemas o la ejecución de tareas específicas, lo que puede causar retrasos significativos.
- Cambios en el alcance del proyecto: Si el alcance del proyecto no está claramente definido o cambia durante el proceso de ejecución, es posible que se produzcan retrasos en el cronograma y se aumente el riesgo de no cumplir con los plazos.
- Limitaciones de recursos: la capacidad para cumplir con los plazos programados puede verse afectada negativamente si no hay suficientes recursos, ya sea financiamiento, equipos o mano de obra.
- Factores externos: Desastres naturales, huelgas, cambios en la legislación o dificultades económicas pueden afectar la planificación y retrasar el proyecto.

### 2.2.2 Impacto de los riesgos de tiempo

Los riesgos de tiempo pueden afectar negativamente el proyecto y la organización en general.

- Incumplimiento de plazos: Si un proyecto no se completa a tiempo, puede tener un impacto negativo en la satisfacción del cliente, la reputación de la organización y la posibilidad de perder oportunidades comerciales.
- Aumento de costos: Los retrasos suelen causar costos adicionales, como costos de mano de obra prolongados, sanciones contractuales o la necesidad de invertir en soluciones rápidas.
- Reducción de la eficiencia: los retrasos en una fase del proyecto pueden tener un efecto dominó y afectar la planificación de otras actividades, lo que resulta en una reducción general de la eficiencia.
- Desalineación con los objetivos: Si el proyecto no se completa dentro del plazo previsto, puede perder relevancia debido a cambios en el entorno o en las necesidades del cliente.

### 2.2.3 Estrategias de mitigación

Se pueden utilizar varias estrategias para reducir los riesgos de tiempo y garantizar que el proyecto se complete de manera oportuna:

- Planificación realista: Establecer plazos basados en estimaciones cuidadosas, considerando posibles situaciones y problemas.
- Control y seguimiento: Siga el progreso del proyecto y haga ajustes cuando sea necesario para mantenerlo a tiempo.
- Gestión de riesgos proactiva: Identificar y evaluar los riesgos de tiempo en las primeras etapas del proyecto y crear planes de contingencia para abordarlos.
- Comunicación eficiente: Mantener una comunicación clara y abierta con el equipo del proyecto, los interesados y los proveedores para asegurarse de que todos estén al tanto de los plazos y posibles cambios.
- Flexibilidad y adaptabilidad: estar preparado para adaptar la planificación y los recursos en función de las circunstancias cambiantes para evitar demoras innecesarias.

En conclusión, aunque los riesgos de tiempo son una preocupación importante en la gestión de proyectos, los gerentes de proyectos pueden reducir la probabilidad de retrasos y mejorar las posibilidades de éxito al cumplir con los objetivos del proyecto con una planificación adecuada, gestión proactiva y comunicación efectiva. Para mantener el proyecto en el camino correcto y alcanzar los resultados deseados dentro del plazo establecido, será esencial tener la capacidad de adaptarse a los desafíos y tomar medidas oportunas.

## 2.3 Riesgos de calidad

La calidad es fundamental para cualquier proyecto porque tiene un impacto directo en la satisfacción del cliente, la reputación de la organización y el éxito a largo plazo. Los riesgos de calidad son situaciones que ponen en peligro la capacidad de un proyecto para cumplir con los estándares de calidad esperados en su producto final o entregables. En cualquier momento durante la ejecución, estos riesgos pueden surgir y, si no se manejan adecuadamente, pueden tener consecuencias graves para todas las partes interesadas involucradas.

### 2.3.1 Causas de los riesgos de calidad

- Problemas con los materiales: Usar materiales de baja calidad o recibir materiales defectuosos puede afectar la calidad del producto final. Además, los cambios en las especificaciones de los materiales o los proveedores pueden aumentar la incertidumbre y el riesgo de calidad.
- Fallos en el proceso de producción: Errores en el proceso de producción pueden resultar en productos defectuosos o insuficientes que no cumplen con los estándares de calidad esperados. Estos problemas pueden ser causados por problemas como errores en los procedimientos, falta de capacitación adecuada del personal o mal funcionamiento de la maquinaria.
- Deficiencias en el control de calidad: si no hay suficiente supervisión y control de calidad durante el proyecto, los errores pueden pasar desapercibidos y afectar la calidad final del producto o servicio.
- Cambios en el alcance del proyecto: Si se modifica el alcance del proyecto mientras se lleva a cabo, es probable que surjan discrepancias entre lo que se espera y lo que realmente se entrega.
- Falta de enfoque en la calidad: Cuando los equipos del proyecto no priorizan la calidad o la ven como algo secundario, existe el riesgo de que la atención se desvíe hacia otros aspectos del proyecto, lo que podría comprometer la calidad del resultado final.

### 2.3.2 Impacto de los riesgos de calidad

Los riesgos de calidad pueden afectar negativamente el proyecto y la organización:

- Insatisfacción del cliente: Si un producto o servicio no cumple con las expectativas de calidad del cliente, puede perder la confianza y la lealtad del cliente hacia la organización.
- Costos adicionales: La corrección de problemas de calidad puede implicar retrabajos, reparaciones o devoluciones imprevistas, lo que aumentaría los costos generales del proyecto.
- Reputación de la organización: Los problemas de calidad pueden tener un impacto negativo en la imagen y la reputación de una organización, lo que puede desanimar a los clientes potenciales y afectar las relaciones comerciales.
- Problemas legales y demandas: En situaciones extremas, los problemas de calidad pueden resultar en demandas legales, especialmente si los productos defectuosos causan daños o pérdidas significativas a los usuarios o clientes.

### 2.3.3 Estrategias de mitigación

Se pueden utilizar varias estrategias para reducir los riesgos de calidad y garantizar la entrega de un producto o servicio que cumpla con los estándares esperados:

- Planificación de calidad: establecer estándares y procedimientos de calidad a seguir y incorporar la calidad como un objetivo clave desde las primeras etapas del proyecto.

- Control de calidad continuo: Aplicar procedimientos de control de calidad a lo largo del proyecto para detectar y resolver problemas de calidad de inmediato.
- Formación y capacitación: brindar capacitación y formación al personal involucrado en el proyecto para asegurarse de que comprendan los estándares de calidad y los procedimientos apropiados.
- Revisiones y auditorías: evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad y corregir cualquier desviación.
- Comunicación efectiva: Los miembros del equipo, los interesados y los proveedores deben comunicarse de manera efectiva y rápida para abordar cualquier problema de calidad.

Por último, pero no menos importante, los riesgos de calidad son esenciales en la gestión de proyectos, y abordarlos proactivamente es esencial para garantizar la satisfacción del cliente, la eficiencia del proyecto y la reputación de la organización. Los gerentes de proyectos pueden reducir significativamente la probabilidad de problemas de calidad y mejorar las posibilidades de éxito en la entrega de un producto o servicio que cumpla con los estándares esperados al dar prioridad a la calidad desde el inicio del proyecto y implementar medidas adecuadas de control y corrección.

## 2.4 Riesgos técnicos

Para lograr sus objetivos, los proyectos con frecuencia requieren la implementación de técnicas y tecnologías innovadoras. Sin embargo, estas soluciones sofisticadas también presentan desafíos únicos que pueden tener un impacto en el éxito del proyecto. Los riesgos técnicos son situaciones relacionadas con la tecnología utilizada que podrían obstaculizar el progreso y el éxito del proyecto. Estos peligros pueden aparecer en cualquier momento del proyecto y, si no se gestionan adecuadamente, pueden tener consecuencias graves.

### 2.4.1 Causas de los riesgos técnicos

- Falta de familiaridad con una nueva tecnología: la adopción de tecnologías emergentes o poco conocidas puede resultar en que el equipo de proyecto no tenga la experiencia y la comprensión adecuada, lo que aumenta la probabilidad de errores y malas decisiones.
- Problemas con la implementación técnica: La implementación incorrecta o inadecuada de la tecnología puede causar incompatibilidades, problemas de integración con otras soluciones o mal funcionamiento de sistemas críticos.
- Problemas con el equipo: Los errores humanos, como una mala configuración, codificación defectuosa o la falta de habilidades técnicas necesarias, pueden causar problemas durante la ejecución del proyecto.
- Rendimiento insatisfactorio de la tecnología: ciertas tecnologías pueden no cumplir con las expectativas de rendimiento o proporcionar los resultados deseados, lo que afectaría la capacidad del proyecto para alcanzar sus objetivos.
- Obsolescencia tecnológica: elegir tecnologías obsoletas o que corren el riesgo de quedar obsoletas en el futuro puede generar problemas de sostenibilidad y requerir inversiones adicionales en actualizaciones.

### 2.4.2 Impacto de los riesgos técnicos

Los riesgos técnicos pueden afectar negativamente el proyecto y la organización.

- Retrasos en la ejecución: Los problemas técnicos pueden retrasar el inicio del proyecto y retrasar el cumplimiento del cronograma.
- Aumento de costos: la resolución de problemas técnicos puede requerir recursos adicionales, lo que puede resultar en costos no previstos.
- Riesgos de calidad: Problemas técnicos pueden causar resultados insatisfactorios o productos que no cumplen con los estándares esperados.
- Falta de satisfacción del cliente: Si los productos o servicios entregados no cumplen con las expectativas

del cliente debido a problemas técnicos, esto podría afectar negativamente la satisfacción del cliente y la reputación de la empresa.

### 2.4.3 Estrategias de mitigación

Se pueden utilizar varias estrategias para reducir los riesgos técnicos y garantizar que la tecnología se implemente exitosamente en el proyecto:

- Análisis y evaluación previa: Antes de la implementación, evaluar la viabilidad técnica y los posibles desafíos.
- Formación y capacitación: Asegúrese de que el equipo del proyecto reciba la capacitación adecuada para que estén familiarizados con la tecnología y sus aplicaciones.
- Pruebas y validación: Antes de implementar la tecnología en el proyecto, se realizarán pruebas y validaciones exhaustivas para garantizar que funcione y funcione correctamente.
- Respaldo de especialistas: Para abordar problemas complejos, puede contar con el apoyo de consultores y expertos técnicos.
- Plan de contingencia: crear un plan de contingencia que incluya soluciones y alternativas para resolver problemas técnicos que surjan durante el proyecto.

En resumen, aunque los riesgos técnicos pueden ser un obstáculo en la gestión de proyectos, los gerentes de proyectos pueden reducir la probabilidad de problemas técnicos y aumentar las posibilidades de éxito en la implementación de técnicas y tecnologías avanzadas con una planificación adecuada, capacitación sólida y gestión proactiva. El enfoque en la evaluación y mitigación de estos riesgos garantizará una ejecución eficiente y fluida del proyecto, lo que permitirá alcanzar los resultados deseados dentro de los parámetros establecidos.

## 2.5 Riesgos legales y de cumplimiento

La realización de proyectos puede implicar una serie de riesgos legales y de cumplimiento relacionados con las leyes, regulaciones y reglamentos aplicables. Estos riesgos incluyen la posibilidad de que el proyecto se enfrente a problemas legales, sanciones o incumplimientos de regulaciones. El proyecto y la organización en su conjunto podrían verse gravemente afectados si no se presta atención a estos aspectos.

### 2.5.1 Causas de los riesgos legales y de cumplimiento

- Cambios en la legislación: Si la planificación y ejecución del proyecto no se toman en cuenta, la ejecución del proyecto puede verse directamente afectada por la aparición de nuevas leyes o modificaciones en las regulaciones existentes.
- Incumplimiento de normas y estándares: el proyecto podría enfrentar multas, sanciones o incluso la suspensión si no cumple con los estándares o códigos de práctica establecidos por las entidades reguladoras.
- Disputas legales: durante el desarrollo de un proyecto, pueden surgir problemas legales o disputas con terceros, como proveedores, clientes o competidores. Estos problemas pueden afectar negativamente el progreso del proyecto.
- Deficiencias en los contratos: Los contratos y acuerdos con proveedores, subcontratistas o clientes pueden presentar problemas legales y financieros si no están bien redactados o no tienen en cuenta todas las posibilidades.
- Incumplimiento de normativas internacionales: Si el proyecto se desarrolla en un contexto internacional, debe cumplir con las leyes y regulaciones de los países involucrados, lo que complica el cumplimiento.

### 2.5.2 Impacto de los riesgos legales y de cumplimiento

Los riesgos legales y de cumplimiento pueden afectar negativamente el proyecto y la organización.

- Paralización del proyecto: el incumplimiento de las leyes o regulaciones aplicables podría llevar a la suspensión del proyecto, lo que podría resultar en pérdidas de dinero y tiempo.
- Sanciones y multas: El incumplimiento de las normas y estándares puede resultar en multas y sanciones económicas, lo que puede tener un impacto negativo en el presupuesto del proyecto.
- Daño a la reputación: problemas legales y de cumplimiento pueden afectar la imagen y la reputación de una organización, lo que puede tener efectos en el mercado a largo plazo.
- Responsabilidad legal: Si el proyecto causa daños a terceros debido a un incumplimiento legal, la organización podría enfrentar demandas legales y responsabilidades financieras.

### 2.5.3 Estrategias de mitigación

Se pueden utilizar varias estrategias para reducir los riesgos legales y de cumplimiento y garantizar la conformidad con las regulaciones:

- Análisis legal inicial: Realizar un análisis completo de las leyes y regulaciones que aplican al proyecto desde las primeras etapas de planificación.
- Consultoría legal: obtener asesoría legal especializada para identificar y abordar los riesgos legales y de cumplimiento específicos del proyecto.
- La documentación y los contratos claros deben ser claros y detallados para proteger los intereses del proyecto y incluir cláusulas de contingencia.
- Actualizaciones continuas: mantenerse informado sobre cualquier cambio en las leyes y regulaciones que pueda tener un impacto en el proyecto y tomar medidas en consecuencia.
- Auditorías y revisiones: verificar el cumplimiento de normas y estándares y tomar medidas correctivas en caso necesario.

Finalmente, los riesgos legales y de cumplimiento son importantes en la gestión de proyectos. Para garantizar el éxito y la sostenibilidad del proyecto a largo plazo, es esencial comprender y cumplir adecuadamente con las leyes y regulaciones. Los gerentes de proyectos pueden reducir significativamente los riesgos legales y de cumplimiento mediante una planificación y gestión adecuadas, así como la asesoría legal oportuna, asegurando la ejecución exitosa del proyecto y protegiendo los intereses de la organización.

## 2.6 Riesgos de seguridad y salud

La seguridad y la salud de los trabajadores son esenciales en cualquier proyecto, y su bienestar debe ser el primer objetivo para garantizar una ejecución exitosa y responsable del proyecto. Los riesgos de seguridad y salud en proyectos se refieren a situaciones que pueden poner en peligro la integridad física y la salud de los empleados del proyecto. Estos riesgos pueden surgir de condiciones de trabajo peligrosas, falta de capacitación en seguridad o deficiencias en el equipo y las medidas de protección.

### 2.6.1 Causas de los riesgos de seguridad y salud

- Condiciones de trabajo peligrosas: Entornos físicos inseguros, exposición a sustancias tóxicas, trabajos en altura y espacios confinados pueden aumentar el riesgo de accidentes y lesiones.
- Falta de capacitación en seguridad: Si los trabajadores no reciben capacitación adecuada en seguridad y no están al tanto de los procedimientos de prevención de riesgos, es más probable que estén expuestos a peligros.
- Errores en el sistema de seguridad: Los riesgos para la salud de los trabajadores pueden aumentar debido a la falta de mantenimiento adecuado de los equipos de seguridad o al uso de equipos no apropiados para la tarea en cuestión.
- Presión para cumplir plazos: la presión de terminar un proyecto en un tiempo limitado puede reducir los estándares de seguridad y salud.

- El incumplimiento de las normas: La violación de las normas y reglamentos de seguridad laboral puede poner en peligro la seguridad de los trabajadores y el proyecto.

### **2.6.2 Impacto de los riesgos de seguridad y salud**

Los riesgos de seguridad y salud pueden afectar negativamente al proyecto y a las personas involucradas.

- Accidentes y lesiones: Los riesgos de seguridad y salud aumentan la probabilidad de accidentes laborales y lesiones, que afectan la salud y el bienestar de los trabajadores.
- Disminución de la productividad: Los accidentes y lesiones pueden reducir la productividad del equipo.
- Costos adicionales: Los incidentes relacionados con la seguridad y la salud pueden generar costos adicionales como compensaciones, sanciones y gastos médicos.
- La imagen de la organización: Los problemas de seguridad y salud pueden dañar la reputación de la organización y su capacidad para atraer y retener talento.

### **2.6.3 Estrategias de mitigación**

Se pueden utilizar varias estrategias para reducir los riesgos de seguridad y salud y asegurar un entorno de trabajo seguro:

- Administración de seguridad: Desarrollar planes de seguridad detallados y priorizar la seguridad y la salud desde el inicio del proyecto.
- Educación y sensibilización: Proporcionar a todos los empleados una formación adecuada en seguridad y salud y fomentar una cultura de seguridad en el lugar de trabajo.
- Observación y control: Implementar sistemas de supervisión y control para garantizar que se sigan las prácticas seguras y corregir cualquier desviación.
- Usar equipos de protección: asegurarse de que los trabajadores usen el equipo de protección adecuado y que este esté en buen estado.
- Cumplimiento normativo: Asegúrese de que el proyecto cumpla con todas las normas y reglamentos establecidos sobre seguridad laboral.

Por último, pero no menos importante, los riesgos de seguridad y salud en la gestión de proyectos deben abordarse con diligencia y compromiso. El éxito sostenible del proyecto depende de la protección de los trabajadores y su bienestar. Los gerentes de proyectos pueden crear un entorno de trabajo seguro y saludable al implementar medidas preventivas y garantizar el cumplimiento de las normativas de seguridad. La inversión en la seguridad y salud de los trabajadores no solo protege a las personas, sino que también mejora la reputación y la eficiencia del proyecto y la organización en su conjunto.

## **2.7 Evaluación de riesgos**

Es crucial tener en cuenta que la identificación de riesgos es solo el primer paso en el proceso de gestión de riesgos en un proyecto. La evaluación de riesgos es un paso crucial que permite comprender la magnitud y el impacto potencial de cada riesgo identificado. La evaluación se realiza mediante la estimación de dos aspectos clave: la probabilidad de que el riesgo se materialice y la gravedad o impacto que tendría si ocurriera.

### **2.7.1 Probabilidad**

La probabilidad de que un riesgo se presente durante el proyecto se conoce como probabilidad de riesgo. Se debe estimar la probabilidad utilizando información histórica, datos relevantes, experiencias previas y la opinión experta del equipo del proyecto. Debido a factores bien conocidos o condiciones inestables, algunos riesgos pueden tener una alta probabilidad de ocurrencia, mientras que otros riesgos pueden tener una baja probabilidad de ocurrencia debido a una mayor certidumbre o medidas de control existentes.

### **2.7.2 Gravedad o impacto**

La gravedad o impacto de un riesgo se refiere a los efectos que tendría sobre el proyecto si se materializara. Esto implica determinar cómo el riesgo afectaría la calidad, el cronograma, el alcance, los costos y otros aspectos pertinentes del proyecto. Para comprender las implicaciones que cada riesgo puede tener en los objetivos y resultados del proyecto, es esencial realizar un estudio de impacto.

### **2.7.3 Priorización**

Después de la evaluación de probabilidad e impacto, los riesgos deben ser priorizados en función de su nivel de riesgo general. La matriz de probabilidad-impacto es un ejemplo de una matriz de riesgos útil para clasificar los riesgos y identificar los que requieren atención inmediata. Los riesgos de alta probabilidad y alto impacto deben abordarse con mayor urgencia y requieren un plan sólido de mitigación.

### **2.7.4 Desarrollo de planes de gestión**

Después de dar prioridad a los riesgos, el siguiente paso es crear planes para gestionarlos. Estos planes son planes para reducir o responder de manera efectiva a cada riesgo. Los planes de gestión de riesgos pueden incluir medidas preventivas para reducir la probabilidad de que ocurran los riesgos y acciones de contingencia para responder adecuadamente si se materializa el riesgo.

### **2.7.5 Monitoreo y actualización continua**

A lo largo de todo el proyecto, la gestión de riesgos es un proceso continuo. Es esencial establecer un sistema de monitoreo para monitorear la situación de los riesgos identificados y evaluar la eficacia de las medidas de mitigación que se han implementado. Los planes de gestión de riesgos deben actualizarse y adaptarse en consecuencia si surgen nuevos riesgos o si cambia la naturaleza de los riesgos existentes.

En conclusión, la identificación de riesgos es solo el primer paso hacia una gestión de riesgos efectiva en un proyecto. La evaluación de los riesgos en términos de probabilidad e impacto y la creación de planes de gestión de riesgos son fundamentales para garantizar que los riesgos sean abordados de manera adecuada y que el proyecto esté mejor preparado para lidiar con los desafíos potenciales. Los gerentes de proyectos pueden aumentar las posibilidades de éxito y reducir las amenazas al alcanzar los objetivos del proyecto de manera segura y efectiva mediante el uso de un enfoque proactivo y una gestión continua.

## 3 MODELO DE GESTIÓN DE RIESGOS

### 3.1 Preámbulo

De alguna manera, la gestión de riesgos siempre ha acompañado al ser humano en cada uno de sus esfuerzos. En 1990, La NASA introdujo para su gestión de riesgos un nuevo término, que estudiaría los procesos de forma cualitativa y que recibiría el nombre de “Continuous Risk Management (CRM).

Fue con la aparición de este estudio cualitativo de los procesos, cuando la NASA lo integró como uno de sus pilares en su ingeniería de sistemas. Todo ello con el principal objetivo de reducir los riesgos de un proyecto, asegurándose en la mayor medida de lo posible el éxito de estos.

Desde que se introdujo el CRM hasta recientemente, la NASA ha tratado los riesgos como CRM, que se centra en la gestión de riesgos durante la fase de implementación del programa/proyecto. Pero fue en diciembre de 2008 cuando introdujeron el proceso RIDM (Risk Informed Decision Making) como un proceso complementario al CRM que se ocupa del análisis de decisiones importantes.

**NASA Risk Management before: RM = CRM**

**NASA Risk Management now: RM = RIDM + CRM**

### 3.2 Introducción

A lo largo de este documento se va a analizar la guía de cómo se debería de llevar a cabo la gestión de riesgos según la ingeniería de sistemas de la NASA. Los procedimientos y técnicas que irán apareciendo tendrán como principal objetivo el correcto desarrollo del proyecto, satisfaciendo siempre las expectativas de los stakeholders en cuanto a la ejecución de la misión incluyendo seguridad técnica coste y cronograma.

### 3.3 Alcance

El alcance de este trabajo de fin de grado no va a ser otro que el de proporcionarles una visión general de cómo la NASA lleva a cabo la gestión del riesgo, y definiremos todos los pasos a seguir y procesos a llevar a cabo para aplicarlos en cualquier organización.

Como podréis apreciar conforme vayáis avanzando como la NASA no tiene unas reglas estrictas de cómo se deben de abordar los riesgos. Se destacarán las principales cuestiones que se deben tener en cuenta a la hora de gestionar programas y proyectos en presencia de una incertidumbre potencialmente significativa, con el propósito de que se puedan reconocer con mayor facilidad y evitar así los obstáculos que podría ir encontrándose.

Pese a que se hablarán de nuevas técnicas, esto no significa que se deba cambiar la gestión de riesgos actual, si no, aprovechar al máximo los nuevos análisis que surjan con el fin de poder lograr los objetivos del proyecto.

### 3.4 Contexto

Los riesgos serán siempre una de las principales causas en la aparición de obstáculos o inconvenientes a lo largo de la ejecución de un proyecto, poniendo en peligro el cumplimiento de los requisitos del proyecto. Estos obstáculos estarán relacionados o bien con el apoyo institucional a la ejecución de la misión, o con alguno o varios de los siguientes ámbitos:

- Seguridad
- Calidad

- Coste
- Tiempo

Con el fin de fomentar una gestión proactiva de los riesgos, es decir como anticiparnos a la aparición de estos, La NASA integrará dos procesos complementarios como son: la toma de decisiones informada por los riesgos (RIDM) y la gestión continua de riesgos (CRM), en un único marco.

El proceso RIDM aborda la selección de alternativas de decisión basadas en el riesgo para garantizar enfoques eficaces que permitan alcanzar los objetivos, y el proceso CRM aborda la aplicación de las alternativas seleccionadas para garantizar que se cumplan los requisitos. Estos dos aspectos trabajan conjuntamente para garantizar una gestión eficaz de los riesgos en la concepción, desarrollo y ejecución de los programas y proyectos de la NASA.

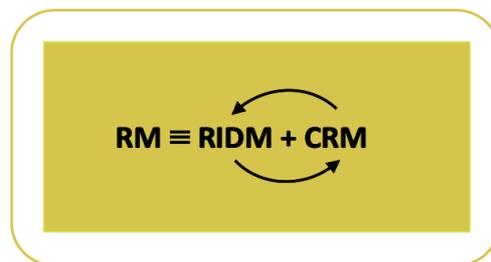


Figura 1. Gestión del riesgo como la interacción de los procesos RIDM y CRM

La organización gestionará los riesgos de la siguiente manera: en primer lugar, se establecerán unos objetivos estratégicos y éstos descenderán por la estructura organizativa de la organización en forma de requisitos de rendimiento que a medida que vayan descendiendo aparecerán más detallados. En segundo lugar, la unidad organizativa superior negociará con la estructura organizativa inmediatamente inferior un conjunto de entregables, medidas de rendimiento, recursos y tiempo de las tareas que deben realizar. En tercer lugar, una vez que se han establecido estos, el nivel inferior aplicará el CMR para gestionar sus propios riesgos en relación con estas especificaciones y, según proceda, informarán de los riesgos y elevarán las decisiones de gestión de riesgos al nivel inmediatamente superior basándose en umbrales de riesgo predeterminados que se han negociado previamente entre las dos unidades. La invocación del proceso RIDM en apoyo de las decisiones clave a medida que estos requisitos han ido descendiendo a lo largo de la estructura organizativa, es lo que garantiza que los objetivos sigan vinculados a los objetivos estratégicos de la organización, a la vez que refleja el camino que se ha elegido para satisfacer los requisitos.

La gestión de riesgos a través del proceso CRM, garantizará que las decisiones se basen en su impacto sobre los objetivos en todos los niveles de la jerarquía de la organización. El CRM estudiará los riesgos según:

- Escenario/s: que conducen a un rendimiento degradado.
- Probabilidades: tanto cualitativas como cuantitativas de los escenarios.
- Consecuencias: que conllevarían la materialización de estos escenarios.

### 3.5 Aplicabilidad

La gestión de riesgos que presentamos de la NASA se lleva a cabo en situaciones donde la seguridad y logros técnicos deben ajustarse a las restricciones de coste y cronograma. El aplicar esta gestión de riesgos introducirá un costo adicional en el proyecto, sin embargo, si se logra evitar dichos los posibles obstáculos antes de que aparezcan aplicando este enfoque se conseguirá indudablemente un ahorro.

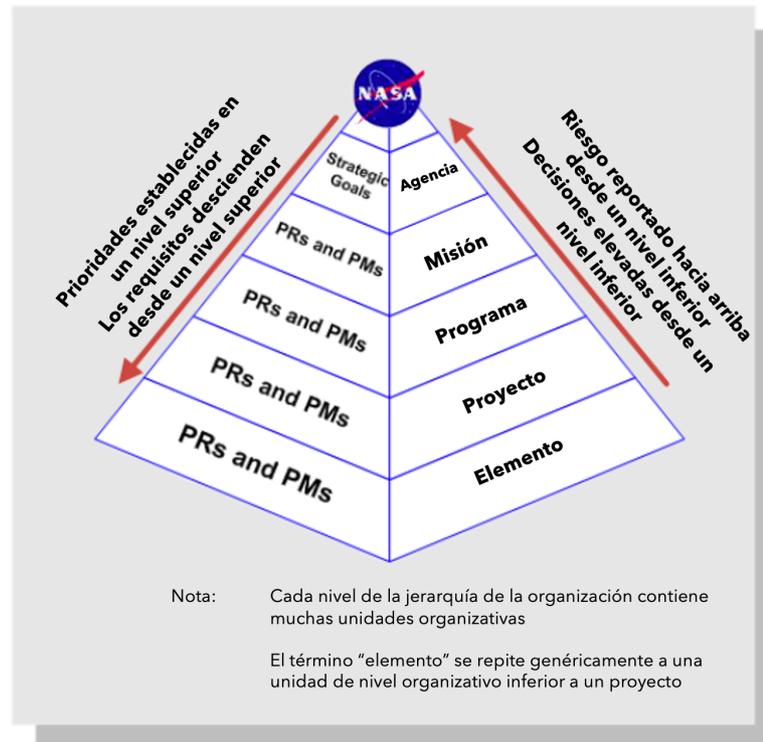


Figura 2. Descenso de los requisitos de rendimiento por la estructura organizativa

### 3.5.1 ¿Cuándo se aplica el RIDM?

Se recurre al RIDM para tomar decisiones clave que suelen implicar el establecimiento o la redefinición de requisitos. Este proceso es aplicable durante todo el ciclo de vida del proyecto, siempre que se realice un estudio. Estas decisiones suelen tener una o varias de las siguientes características:

- High stakes: hay mucho en juego en la decisión, como costes significativos, impactos potenciales significativos en la seguridad o la importancia de cumplir los objetivos.
- Complejidad: las ramificaciones reales de las alternativas son difíciles de comprender sin un análisis detallado.
- Incertidumbre: la incertidumbre en los datos clave crea una incertidumbre sustancial en el resultado de las alternativas de decisión y apunta a riesgos que deben ser gestionados.
- Múltiples atributos: un mayor número de atributos hace más necesario un análisis formal.
- Diversidad de stakeholders: es necesario prestar más atención a la clarificación de objetivos y la formulación de medidas de rendimiento cuando el conjunto de partes interesadas refleja una diversidad de valores, preferencias y perspectivas.

La necesidad del RIDM aumenta a medida que encontramos una o más de las características mencionadas.

### 2.5.2 ¿Cuándo se aplica el CRM?

Como su propio nombre indica, el CRM implica la gestión continua de los riesgos para los requisitos de rendimiento a lo largo de todas las fases de aplicación, garantizando que se mantienen las expectativas de rendimiento y que se evalúa la experiencia operativa en busca de riesgos infravalorados.

En caso de que uno o más requisitos de rendimiento no puedan cumplirse con las condiciones de respuesta al riesgo del que dispone el proyecto, el proceso de CRM puede proporcionar tanto motivación como justificación para solicitar exenciones de tener que cumplir esos requisitos. Este sería el caso cuando el proceso de CRM es capaz de demostrar que un determinado requisito es innecesario o contraproducente para el éxito de la misión.

## 4 INTERFACES DEL PROCESO RIDM

Como hemos comentado con anterioridad, los procesos RIDM y CRM están integrados en un marco común para llevar un correcto control de los riesgos, trabajan juntos para ofrecer una gestión integral de los riesgos a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto con la misión de:

- Incentivar una gestión proactiva de los riesgos.
- Tener más información disponible a la hora de tomar una decisión.
- Una mejor gestión del riesgo centrandolo el proceso CRM en los requisitos del rendimiento surgidos en el RIDM.

El resultado es un proceso RIDM por cada nivel organizativo que se comunica con cada nivel tanto superior como inferior de la jerarquía organizativa a la hora de negociar objetivos y establecer los distintos requisitos de rendimiento, así como se comunica con su propio proceso CRM durante la implementación.

### 3.1. Negociación de objetivos más allá de los límites de la unidad organizativa

Las unidades organizativas superiores negocian con las unidades del nivel inmediatamente inferior un conjunto de objetivos, entregables, requisitos de medidas de rendimiento, recursos y tiempo disponible para llevar a cabo estas tareas. Estos elementos reflejan el resultado del proceso RIDM que se ha realizado en el nivel superior y la responsabilidad para cumplir los objetivos para los que trabaja.

- La unidad organizativa del nivel superior será responsable de garantizar que los objetivos y las restricciones impuestas asignadas a la unidad organizativa del nivel inferior reflejen las compensaciones adecuadas entre objetivos y riesgos contrapuestos.
- La unidad organizativa del nivel inferior es responsable de establecer la viabilidad y capacidad de cumplir los objetivos dentro de las limitaciones impuestas y de gestionar los riesgos del trabajo que está aceptando.

### 3.2. Preparación de un plan preliminar de gestión de riesgos

Antes de llevar a cabo el RIDM, se prepara un plan preliminar de gestión de riesgos (RMP) que sirva como guía al proceso RIDM. Cuando se inicie el RIDM, el RMP del nivel inmediatamente superior ya debería estar redactado. El RMP preliminar para el proyecto se prepara con el fin de documentar cómo los requisitos de rendimiento del nivel de programa se implementarán en el proyecto.

El RMP a nivel de proyecto no puede desarrollarse completamente hasta que se haya completado el RIDM para el proyecto, se haya seleccionado la alternativa y la ingeniería de sistemas haya desarrollado los requisitos de rendimiento detallados correspondientes a dicha alternativa seleccionada.

### 3.3. Inicialización del CRM usando el análisis de riesgos de la alternativa seleccionada

Para la alternativa seleccionada, el análisis de riesgos realizado durante el RIDM representa una primera identificación y evaluación de los escenarios que podrían dar lugar a deficiencias en el rendimiento. Estos escenarios constituyen la base de una lista inicial de riesgos que se irá recopilando a lo largo del proceso para su consideración por parte del responsable de la toma de decisiones. Tras identificar los distintos escenarios y recopilar información sobre los mismos, el proceso CRM dispondrá de esta información sobre la alternativa que ha sido seleccionada e iniciará sus actividades de identificación, análisis y planificación.

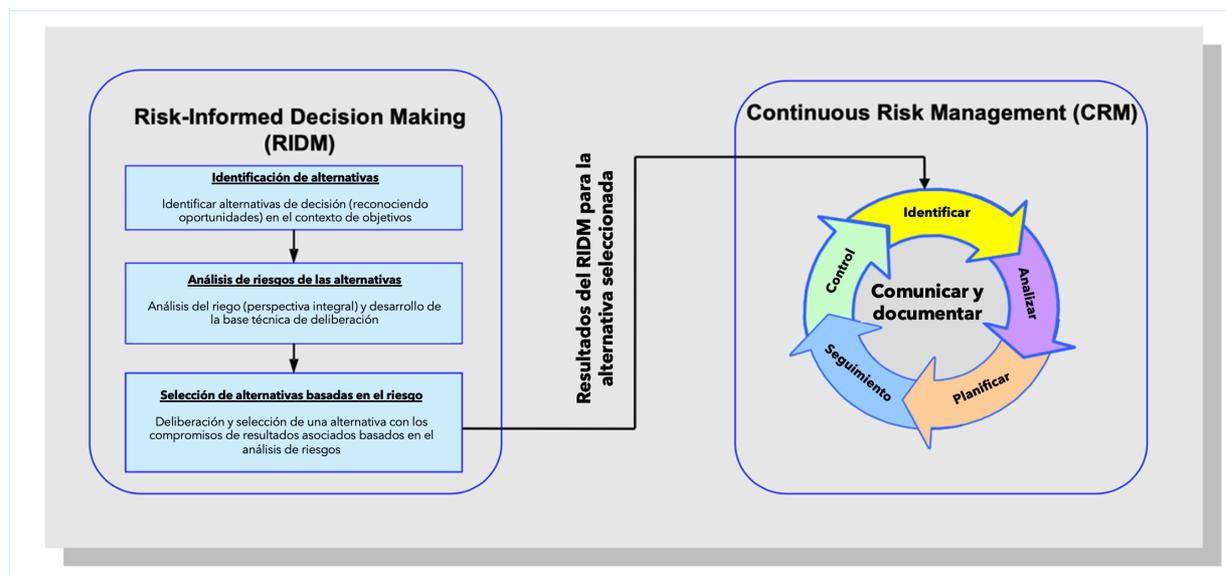


Figura 3. Inicialización CRM a partir del RIDM

Durante el proceso de inicialización del CRM, posteriormente durante el avance del proyecto, habrá un cambio en el énfasis de los módulos de riesgos basados en parámetros a los módulos de riesgos basados en escenarios. Durante el RIDM muchos de los módulos de riesgo tenderán a basarse en parámetros. La transición a módulos basados en escenarios es necesaria por el objetivo del CRM, que consiste en producir opciones de respuesta como la mitigación o la investigación que resuelva los riesgos específicos del proyecto.

Las estrategias para abordar los riesgos y eliminar las amenazas a los requisitos se desarrollan en la actividad de planificar, y también se basa en el análisis de riesgos RIDM. Aunque el análisis de riesgos del RIDM de la alternativa seleccionada informa al CRM, no sustituye la necesidad de las actividades independientes del CRM: identificar, analizar y planificar. Hay muchas razones, pero una de las principales es que el análisis de riesgos del RIDM se realiza expresamente para distinguir entre alternativas y generar compromisos de rendimiento, no para gestionar el riesgo durante su implementación. Además, los requisitos de rendimiento dicha alternativa pueden diferir de los compromisos de rendimiento utilizados durante el RIDM para evaluar el riesgo y desarrollar estrategias de mitigación.

Una vez que el proceso CRM elabora una lista de riesgos de referencia y desarrolla estrategias de mitigación, esto se puede utilizar para actualizar en análisis de riesgos del RIDM para la alternativa seleccionada. Un cambio en los resultados del análisis de riesgos puede representar una oportunidad para reconsiderar la decisión basándose en la nueva información y podría justificar la modificación o reconsideración de la alternativa seleccionada.

### 3.4. Reajuste de los requisitos de rendimiento

Tras la selección de una alternativa y la posterior definición de los requisitos de rendimiento, el CRM actúa en cada nivel de la jerarquía de la organización para aplicar la alternativa seleccionada de conformidad con los requisitos de rendimiento de ese nivel. Sin embargo, hay dos clases generales de circunstancias que implican la redefinición de los requisitos:

Pueden surgir problemas que hagan insostenible la gestión del riesgo de dicha alternativa, esto podría deberse:

- Un nuevo escenario de riesgo significativo para el que no se disponga de mitigación en el ámbito de los requisitos actuales.

- Incapacidad para controlar un riesgo previamente identificado.

Cuando esto ocurre, la decisión de gestionar el problema se eleva según corresponda dentro del proceso CRM. La unidad de nivel superior dispone entonces de opciones para apoyar los esfuerzos de la unidad de nivel inferior. Un nuevo conjunto de requisitos de rendimiento que son alcanzables dada la situación actual. Cada una de estas opciones representa diversos grados de redefinición.

Pueden surgir problemas en los que una unidad organizativa sea capaz de gestionar su riesgo, pero solo puede hacerlo modificando la alternativa seleccionada en un grado en el que se debe producir una modificación de los requisitos derivados que fluyen hacia la unidad inferior, requiriendo una redefinición de los requisitos derivados impuestos a esas unidades.

En cada una de las situaciones anteriores, cuando el grado de modificación de la alternativa seleccionada sea lo suficientemente grande, deberá invocarse el proceso RIDM para producir una alternativa actualizada que sirva de base para los requisitos redefinidos. La redefinición puede implicar un proceso de ajuste en el que se modifiquen determinados requisitos para hacerlos más aplicables y viables, o bien la supresión total de requisitos innecesarios o contraproducentes.

El conjunto de alternativas de decisión recopiladas para el análisis de riesgos suele diferir del conjunto analizado inicialmente, principalmente en su alcance. Se espera que solo en raras circunstancias se someta a reevaluación la totalidad de la alternativa seleccionada. Por el contrario, el alcance del RIDM debe ser tan reducido como sea posible coma sin reflejar al mismo tiempo un coste irre recuperable.

La reevaluación se realiza a la luz de las condiciones actuales. Estas condiciones incluyen no solo las circunstancias que motivan el replanteamiento, sino también las de la actividad en general, como la situación presupuestaria y los logros alcanzados hasta la fecha. Una vez identificado el nuevo conjunto de alternativas de decisión, el proceso RIDM procede como de costumbre, aprovechando el análisis de riesgos anterior en la medida en que resulte práctico dado el nuevo conjunto y el estado actual del programa/proyecto.

El alcance de las organizaciones afectadas depende del nivel en el que se origina el riesgo, el número de niveles a los que se eleva la decisión de gestión del riesgo antes de que pueda mitigarse dentro de los requisitos existentes de la unidad a la que se eleva, y de los detalles de cualquier cambio en los requisitos de flujo descendente de la unidad mitigadora.

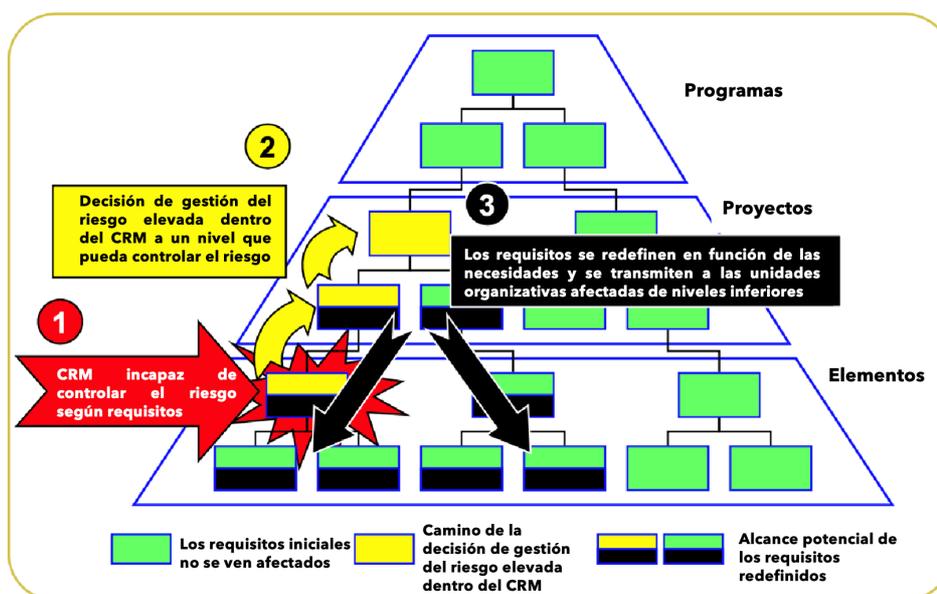


Figura 4. Alcance de las organizaciones potencialmente afectadas por una reevaluación

En ciertos casos, puede surgir nueva información que represente una oportunidad para replantearse una decisión anterior.

### **3.5. Mantenimiento del proceso RIDM**

El análisis de las interfaces RIDM muestra la importancia de mantener una capacidad RIDM operativa a lo largo del ciclo de vida del programa/proyecto. Esta capacidad incluye:

- Documentos revisables de TBfD y RISR que contengan la justificación de la toma de decisiones previa y la discusión de temas de importancia para las partes interesadas.
- Jerarquías de objetivos accesibles que sirvan como fuentes de medidas de rendimiento relevantes o como puntos de anclaje para descomponer los objetivos en niveles de resolución más exactos. Esto garantiza que las decisiones permanezcan vinculadas a los objetivos estratégicos de la organización.
- Estructuras de análisis de riesgos y modelos de riesgo que se utilizaron para cuantificar las medidas de rendimiento.
- La capacidad, en cada nivel organizativo, de integrar información de niveles inferiores para apoyar procesos RIDM que reflejen las condiciones actuales en toda la jerarquía de la organización.
- Acceso a los análisis pertinentes de disciplinas específicas para utilizarlos como aportación al análisis de riesgos, así como acceso a los conocimientos de especialistas pertinentes para apoyar los análisis adicionales de disciplinas específicas necesarios para la toma de decisiones.
- Mantenimiento de expertos en análisis de riesgos para coordinar el desarrollo de la información sobre riesgos e integrarla en la TBfD.

# 5 PROCESO RIDM

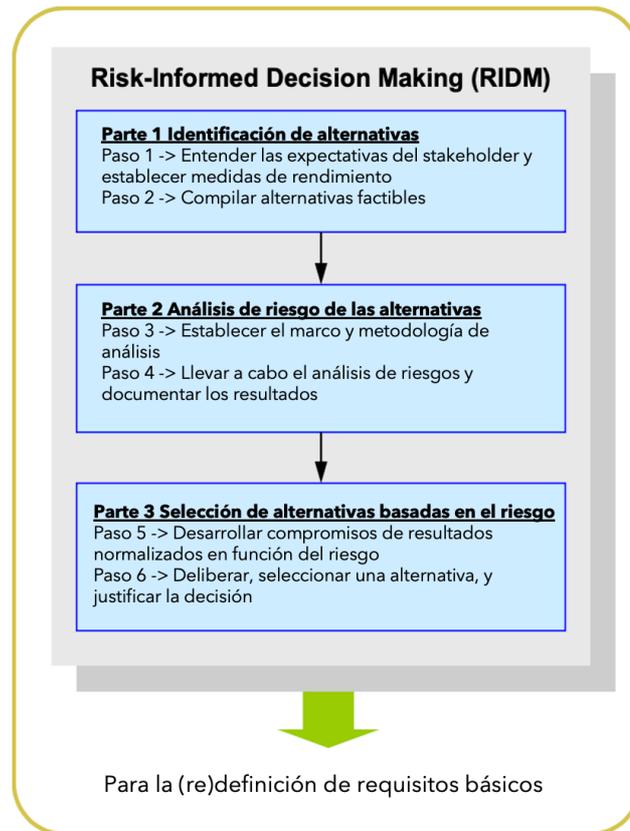


Figura 5. Pasos Proceso RIDM

Pese a que la figura muestre el proceso RIDM como un proceso lineal, no siempre es así. Alguno de sus seis pasos puede sobreponerse, sin usar ningún tipo de variación en el proceso. Este proceso, se repetirá de manera iterativa hasta que el encargado de tomar la decisión tiene suficiente información de los distintos análisis llevados a cabo para tomar una decisión sólida.

## 4.1. Parte 1) Identificación de alternativas

La identificación de las distintas alternativas comenzará analizando las expectativas que tiene nuestro stakeholder. Una vez analizadas, descompondremos las expectativas en objetivos cuantificables que estarán relacionadas de tal manera que se pueda hacer una comparación entre las distintas alternativas. Una vez establecida esta conexión, podremos agrupar e identificar las alternativas que harán posible cumplir los objetivos establecidos.

### 4.1.1. Paso 1. Entender las expectativas de los stakeholders

La base de una toma de decisiones sólida será el desarrollo de restricciones y medidas de rendimiento inequívocas, que reflejen las expectativas de las partes interesadas. La información necesaria para poder definir las distintas expectativas de las partes interesadas incluye:

- Requisitos y expectativas del nivel superior: se transmiten a un sistema de interés concreto desde un nivel superior.

- Partes interesadas: individuos u organizaciones que se ven materialmente afectadas por el resultado de una decisión o producto.

Las expectativas de las partes interesadas se recogerán en el momento en el que se especifique lo que se desea como estado final o como elemento que debe producirse y se pondrán restricciones para la consecución de los objetivos. Estas restricciones pueden abarcar recursos, tiempos de entrega, objetivos de rendimiento y otras necesidades menos obvias. Los resultados típicos al captar las expectativas de las partes interesadas son los siguientes:

- Requisitos y expectativas de alto nivel: necesito necesidades, deseos, restricciones e interfaces externas de alto nivel del producto o productos que se van a desarrollar.
- Límites conceptuales de alto nivel e hitos funcionales: describe cómo funcionará el sistema durante las fases del ciclo de vida para satisfacer las expectativas de las partes interesadas.

En la terminología de este proceso, los objetivos de alto nivel indican lo que las partes interesadas esperan conseguir de la actividad, mientras que las restricciones impuestas representan los criterios de éxito de alto nivel para la empresa, fuera de los cuales no se conseguirán los objetivos correspondientes.

#### 4.1.1.1. Obtención de medidas de rendimiento

Utilizando la jerarquía de objetivos, estos se dividirán en un conjunto de objetivos de nivel inferior conceptualmente distintos que describen todo el espectro de características necesarias y/o deseables que debe tener cualquier alternativa viable y atractiva. Cuando estos objetivos se pueden medir mediante medidas de desempeño, brindan una base para comparar las distintas alternativas.

#### 4.1.1.2. Construir una jerarquía de objetivos

Una jerarquía de objetivos se construye subdividiendo un objetivo en objetivos de nivel inferior más detallados, aclarando así el significado que se pretende dar al objetivo general. Esta descomposición aclara las tareas que deben alcanzarse colectivamente y proporciona una base bien definida para distinguir entre medios alternativos para alcanzarlos.

En el primer nivel de descomposición el objetivo principal se dividirá en los ámbitos de ejecución de la misión (seguridad, técnica, coste y calendario). Esto permite que cada medida de rendimiento y, en última instancia, cada requisito de rendimiento se identifique como relativo a un único dominio. Por debajo de cada uno de estos ámbitos, los objetivos se descomponen en sus objetivos, que a su vez se descomponen iterativamente hasta que se generan objetivos de rendimiento cuantificables adecuados.

No hay una profundidad prescrita para una jerarquía de objetivos, ni todos los objetivos de rendimiento deben residir a la misma profundidad en el árbol. Las características de una jerarquía de objetivos dependen del objetivo de nivel superior y del contexto en el que se persiga. Además, la especificación de un objetivo no implica una jerarquía de objetivos única; podrían desarrollarse muchas jerarquías de objetivos diferentes igual de correctas.

Cuando se crea una jerarquía de objetivos, es necesario elegir con criterio dónde detenerse, considerando los beneficios y los inconvenientes de una división más profunda. Los siguientes son algunos de los factores que deben tenerse en cuenta:

- ¿Se consideran todas las características de cada objetivo?
- ¿Todos los objetivos de desempeño son cuantificables en los niveles de jerarquías?
- ¿Es posible controlar la cantidad de objetivos de desempeño dentro del marco de la actividad de toma de decisiones?

Una posibilidad es utilizar una prueba de importancia para determinar la amplitud y profundidad de la jerarquía de objetivos y cuándo detenerse. Antes de incluir un objetivo en la jerarquía, se pregunta al responsable de la toma de decisiones si considera que el mejor curso de acción podría alterarse si se excluyera este objetivo. Una respuesta afirmativa implicaría obviamente que el objetivo debería incluirse, sin embargo, una respuesta negativa se consideraría razón suficiente para excluirlo. Al utilizar este método, es importante evitar excluir un amplio conjunto de atributos, cada uno de los cuales no supera la prueba de importancia, pero que colectivamente son importantes. A medida que avanza el proceso de toma de decisiones y se va adquiriendo más conocimiento,

se puede repetir la prueba de importancia con los objetivos excluidos para asegurarse de que siguen siendo no determinantes. En caso contrario, deberán añadirse a la jerarquía y evaluarse ellos mismos para una mayor descomposición hasta que se alcancen nuevos puntos de parada.

Cuando el conjunto de objetivos de desempeño es útil y cuantificable desde el punto de vista operativo cómo y el responsable de la toma de decisiones, en consulta con las partes interesadas pertinentes, está convencido de que recoge las expectativas contenidas en el objetivo de nivel superior, la descomposición de los objetivos se detiene. Es deseable que los objetivos de rendimiento incluyan las siguientes características:

- Completos
- Operacionales
- No redundantes
- Solución independiente

**4.1.1.3 Objetivos fundamentales frente a objetivos medios**

A la hora de desarrollar una jerarquía de objetivos, es importante utilizar objetivos fundamentales en oposición a objetivos medios. Los objetivos fundamentales representan lo que se desea conseguir, a diferencia de los objetivos medios, que representan cómo se puede conseguir.

Los objetivos fundamentales se dividen en jerarquías de objetivos Donde los descomponen en sus partes constituyentes, de esta manera, los objetivos fundamentales del nivel inferior son los que están implícitos en el objetivo fundamental del nivel superior. Sin embargo, los objetivos medios indican una forma particular de alcanzar un objetivo de nivel superior, por lo que se estructura como una red en lugar de como una jerarquía.

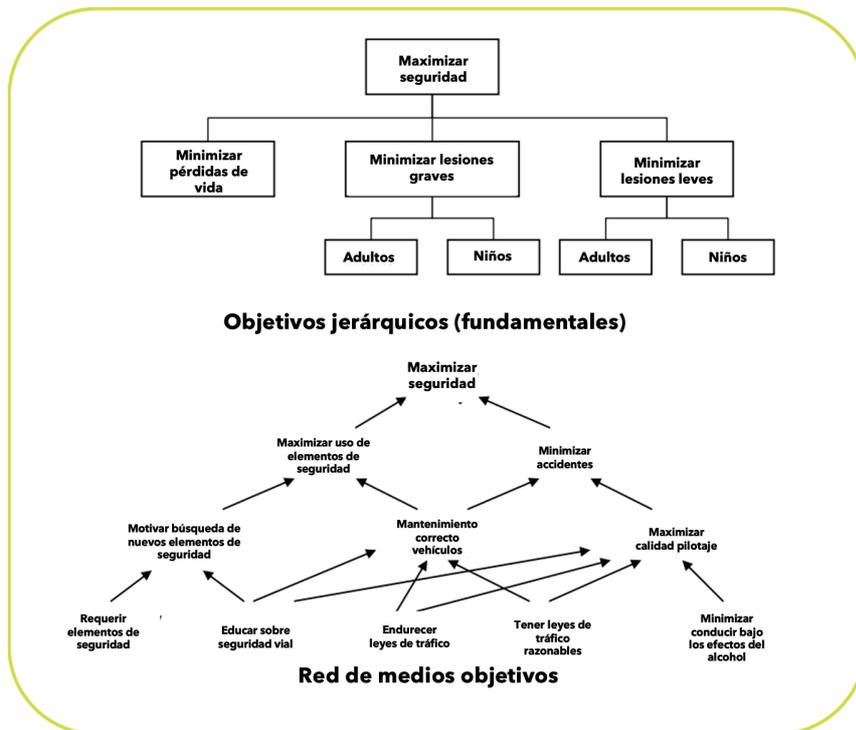


Figura 6. Objetivos fundamentales frente a objetivos medios

La evaluación de las alternativas de decisión en términos de objetivos fundamentales, como oposición a los objetivos medios, representa un enfoque basado en el rendimiento para la toma de decisiones, tal como recomienda el grupo asesor sobre seguridad aeroespacial (ASAP), que hace hincapié en la identificación temprana de los riesgos para orientar el diseño, permitiendo así enfoques de diseño creativos que podrían ser



#### 4.1.2.2. Estructura de posibles alternativas

Una forma de representar las alternativas de decisión consideradas es mediante un árbol de decisión. Inicialmente, el árbol contiene una serie de alternativas de alto nivel que representan diferencias en las estrategias utilizadas para abordar los riesgos. A continuación, el árbol se desarrolla con mayor detalle determinando una categoría general de opciones aplicables a cada estrategia. El desarrollo del árbol continúa de forma iterativa hasta que este contenga alternativas que están lo suficientemente bien definidas como para permitir una evaluación cuantitativa mediante un análisis de riesgos.

### 4.2. Parte 2) Análisis del riesgo de las alternativas

El análisis de riesgos implica la evaluación del desempeño basada en modelos probabilísticos. Relación a las incertidumbres asociadas con una alternativa de decisión específica con las incertidumbres relacionadas con la consecución de los objetivos, si se optará por esa alternativa. Las medidas de desempeño establecidas para estos objetivos permiten cuantificar el desempeño de las alternativas para que se puedan comparar de manera efectiva.

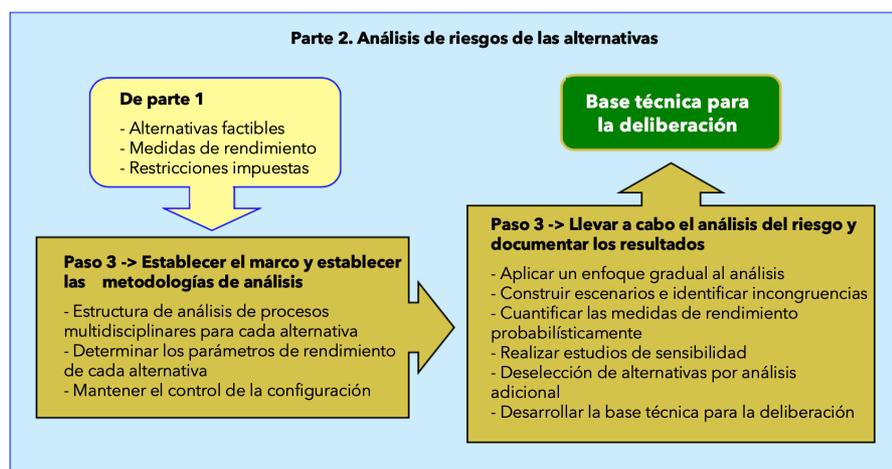


Figura 8. Parte 2 proceso RIDM, Análisis del riesgo de las alternativas

#### 4.2.1. Paso 3. Establecer el marco y elegir las metodologías de análisis

Este paso del proceso RIDM se ocupa de cómo los análisis específicos de cada dominio, realizados de acuerdo con las prácticas metodológicas existentes, se integran en un marco multidisciplinar para apoyar la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre. El reto para los analistas de riesgos es establecer un marco para el análisis a través de los dominios de ejecución de la misión que:

- Funcione con un conjunto común de parámetros de rendimiento (potencialmente incierto) para una alternativa determinada.
- Aborde de forma coherente las incertidumbres en todos los ámbitos de ejecución de la misión y en todas las alternativas
- Preserve las correlaciones entre las medidas de rendimiento
- Es claro y localizable

Los métodos por los cuales se alcanzará un nivel de rendimiento específico son distintos para cada opción, por lo que los análisis necesarios para respaldar la cuantificación también son distintos.

##### 4.2.1.1. Estructurando el proceso de análisis

La relación entre las medidas de rendimiento y los análisis necesarios para cuantificarlas puede establecerse e ilustrarse utilizando una red de objetivos. Cada uno de los m parámetros de rendimiento que definen la alternativa

y pueden trazarse de forma similar a través del marco de análisis de riesgos. La siguiente figura muestra la necesidad de coordinación entre las organizaciones que realizan los análisis para garantizar que:

- Hay una organización responsable de la cuantificación de cada medida de rendimiento.
- Se comprendan los requisitos de datos para cada modelo de riesgo y se identifiquen las fuentes y los destinos de los datos.
- Todos los datos son trazados a través del marco de análisis de riesgos hasta los parámetros de rendimiento de la alternativa analizada.

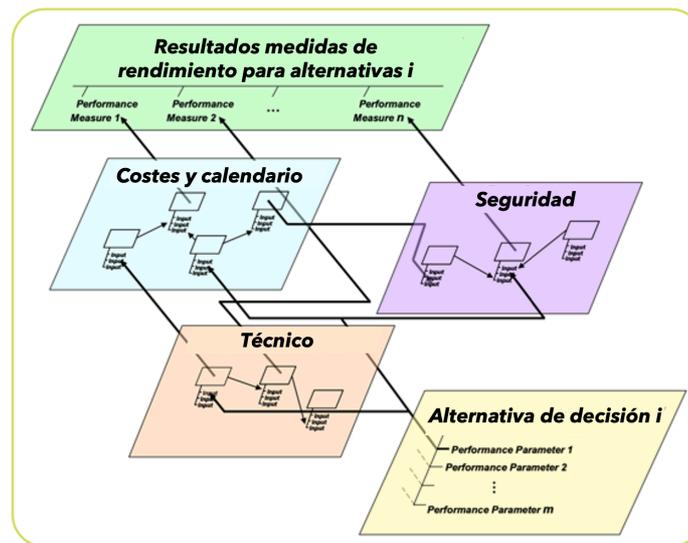


Figura 9. Marco análisis de riesgos

#### 4.2.1.2. Control de la configuración

Para mantener la coherencia, es fundamental lograr un entendimiento común de cada alternativa analizada, asegurándose de que todas las partes involucradas utilice los mismos datos. Esto es particularmente crucial durante las primeras etapas de cualquier programa o proyecto, cuando los diseños cambian rápidamente y las opciones son limitadas. La definición completa de la alternativa puede estar dispersa en diferentes unidades organizativas dentro de la jerarquía de la organización, incluso durante la redefinición de los requisitos, cuando se revisan las decisiones. Por lo tanto, el encargado de tomar la decisión debe recopilar todos los datos de las distintas alternativas pertinentes de sus niveles y niveles inferiores y gestionarlos como un conjunto de datos con control de configuración. Además, el propio marco de análisis de riesgos debe someterse a un control de configuración, que incluya el versionado de los análisis y las vías de datos.

#### 4.2.1.3. Aplicación de varios niveles de rigor de los modelos en la selección de métodos de análisis de riesgos

El análisis de riesgo de alternativas abarca una amplia gama de disciplinas de análisis, incluidas las áreas de ejecución de la misión de seguridad, técnica, coste y calendario.

Es crucial distinguir entre el rigor del modelo y el concepto de análisis graduado en esta discusión. El rigor del modelo se refiere al grado de detalle que se incluye en un modelo y es proporcional a la madurez del diseño; Por otro lado, el análisis graduado se refiere más a la exhaustividad del modelado. En un análisis graduado, el esfuerzo dedicado al análisis de un problema o escenario de riesgo específico es proporcional a la importancia del problema o escenario y así afecta la capacidad de tomar una decisión con conocimiento de causa.

Varios niveles de rigor del modelo son apropiados dependiendo de la escala del proyecto, la fase del ciclo de vida, etc... el rigor de la modelización y el análisis generalmente debe aumentar a medida que avanza el ciclo de vida de un programa o proyecto. Además, el modelado paramétrico, de ingeniería y lógico puede comenzar

con un bajo nivel de detalle para una fase determinada; el nivel de detalle puede aumentar de forma iterativa en función de la necesidad de llegar a una decisión sólida.

#### 4.2.1.3.1. Metodologías de estimación de costes y plazo

Metodología de estimación por analogía: las estimaciones por analogía se realizan sobre la base de la comparación y extrapolación a elementos o esfuerzos similares. Los datos de costes de un programa anterior que sea fácil técnicamente representativo del programa que se va a estimar sirven de base para la estimación. A continuación, estos datos se ajustan subjetivamente al alza o a la baja, en función de si se considera que el sistema en cuestión es más o menos complejo que el programa análogo.

Estimación paramétrica: las estimaciones realizadas con un enfoque paramétrico se basan en datos históricos y expresiones matemáticas que relacionan el coste, como variable dependiente, con variables seleccionadas, independientes y determinantes del coste mediante un análisis de regresión.

Metodología de acumulación de ingeniería: Integra las estimaciones individuales de cada elemento en la estimación global. Esta metodología implica el cálculo del coste de un elemento de la estructura de desglose del trabajo (EDT) mediante la estimación en el nivel más bajo de detalle en el que los recursos para llevar a cabo el esfuerzo de trabajo son fácilmente distinguibles y discernibles.

#### 4.2.1.3.2. Metodologías de estimación para medidas de técnicas de rendimiento

Metodología de estimación de primer orden: las estimaciones de primer orden implican el uso de ecuaciones diferenciales simples o de forma cerrada que pueden resolverse dadas unas condiciones de contorno adecuadas y/o un resultado deseado sin necesidad de métodos computacionales basados en volúmenes de control.

Metodología de estimación por simulación detallada: Las estimaciones que utilizan una simulación detallada requieren la construcción de un modelo que represente los estados físicos de interés de forma virtual utilizando métodos computacionales basados en el volumen de control o métodos de naturaleza similar.

Metodología de las pruebas: las pruebas pueden abarcar desde experimentos de mesa hasta prototipos a escala real que funcionan en condiciones reales. El objetivo de la prueba es medir el rendimiento del sistema o de sus componentes en las condiciones reales de la misión.

Metodología de la experiencia operativa: Una vez desplegado el sistema, los datos recopilados durante su funcionamiento pueden analizarse para obtener representaciones en empíricamente precisas de cómo responderá al sistema a diferentes condiciones y cómo funcionará durante toda su vida útil. Esta información puede combinarse con la experiencia operativa para extrapolar las condiciones de funcionamiento conocidas.

#### 4.2.1.3.3. Metodologías de estimación de seguridad, fiabilidad y operaciones

Metodología de estimación por similitud: las estimaciones por similitud se realizan sobre la base de la comparación y extrapolación a elementos o esfuerzos similares. La fiabilidad y los datos operativos de un programa anterior que sea técnicamente representativo del programa que se va a estimar sirven de base para la estimación. Estos se ajustan al alza o a la baja según se considera que el sistema en cuestión es más o menos complejo que el programa análogo.

Estimación paramétrica de primer orden: Las estimaciones creadas mediante un enfoque paramétrico se basan en datos históricos y expresiones matemáticas que relacionan la seguridad, la fiabilidad y/o las estimaciones operativas como variable dependiente con variables impulsoras independientes seleccionadas mediante análisis de regresión o ecuaciones técnicas de primer orden.

Estimación por modelado lógico detallado: implica modelos lógicos basados en escenarios o en eventos discretos desarrollados de arriba a abajo, pero cuantificados de abajo arriba que se agregan al sistema o los procesos a evaluar en segmentos discretos que luego se cuantifican e integran matemáticamente mediante lógica booleana para producir la estimación de seguridad, fiabilidad u ópera habilidad de nivel superior. La simulación técnica detallada y/o las pruebas, así como los datos operativos, pueden utilizarse para ayudar a desarrollar la cuantificación del modelo. Los métodos típicos para desarrollar tales modelos pueden incluir el uso de árboles fallos, diagramas de influencia y/o árboles de sucesos.

Métodos estadísticos: los métodos estadísticos pueden aplicarse a los datos recogidos durante las pruebas del sistema/componente o del funcionamiento del sistema durante una misión real. Esto es útil para caracterizar la seguridad, fiabilidad u operatividad demostradas del sistema. Además, los patrones de los datos pueden

modelarse de forma que tenga en cuenta la aleatoriedad y la incertidumbre de las observaciones, y luego servir de base para cambios en el diseño o los procedimientos que puedan mejorar la seguridad, la fiabilidad o la operatividad generales del sistema.

#### **4.2.1.4. Aplicación de un enfoque gradual en la cuantificación de los escenarios individuales**

El nivel de exhaustividad ejercido en el análisis debería aumentar con la importancia del escenario evaluado, además de aumentar el rigor del modelo con las fases sucesivas del ciclo de vida del programa/proyecto y el nivel de detalle de diseño disponible. Independientemente del momento del ciclo de vida coma algunos escenarios no tendrán el mismo impacto en las medidas de rendimiento que se pueden alcanzar para una alternativa específica. Los escenarios cuya probabilidad de ocurrencia es muy baja y/o cuyo impacto en todos los ámbitos de ejecución de la misión no deben evaluarse con una metodología de simulación tan rigurosa como los escenarios que se consideran más importantes. Además, no deben someterse a una contabilidad completa de las incertidumbres. Para evaluar estos escenarios, un análisis de estimación puntual que utiliza modelos de simulación y valores de parámetros de entrada razonablemente conservadores debería de ser suficiente.

#### **4.2.1.5. Utilización de los análisis existentes**

El proceso RIDM no implica la necesidad de un nuevo conjunto de análisis. En general, algunos de los análisis necesarios ya se habrán planificado o aplicado como parte de las actividades de ingeniería de sistemas, estimación de costes y garantía de seguridad sin misión. El análisis de riesgos para RIDM debe aprovechar al máximo las actividades existentes e influir en ellas según sea necesario para producir resultados que aborden los objetivos y con un nivel adecuado de rigor para apoyar una toma de decisiones sólida.

### **4.2.2. Paso 4. Realizar el análisis de riesgos y documentar los resultados**

Las medidas de rendimiento pueden medirse después de establecer el marco de análisis de riesgos y definir los métodos. Sin embargo, como ya se ha mencionado, este es solo el comienzo de un proceso iterativo de perfeccionamiento iterativo del análisis, impulsado por las necesidades de las partes interesadas y los responsables de la toma de decisiones.

#### **4.2.2.1. Modelización probabilística del rendimiento**

Cuando la decisión implica un curso de acción, existe incertidumbre sobre el curso de los acontecimientos, que, aunque esté bien planificados, pueden afectar la consecución de los objetivos. Dadas las pruebas finitas y la experiencia operativa, la fiabilidad y la seguridad no pueden conocerse de forma absoluta. No se conocen de manera completa los límites de la variabilidad en el rendimiento de un sistema, ni tampoco las diferentes condiciones en las que debe funcionar.

El análisis de riesgos es necesario para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre. Este tipo de análisis identifica las incertidumbres en los valores de los parámetros de desempeño de cada alternativa y las propaga a través del análisis para producir medidas de desempeño inciertas. Además, debe tenerse en cuenta que las medidas de desempeño pueden no ser independientes.

Una técnica para mantener las correlaciones es realizar todos los análisis dentro de un "caparazón" Montecarlo común. Este tomará muestras de un conjunto común de parámetros de rendimiento en ciertos, las propagará a través del conjunto de análisis y recopilará las medidas de rendimiento como un vector de valores de medidas de rendimiento.

Las incertidumbres se distinguen en dos grupos categóricos:

- Aleatorias
- Epistémicas

Las incertidumbres aleatorias son aleatorias por naturaleza y no pueden reducirse obteniendo más conocimientos

mediante pruebas o análisis. El riesgo evaluado de no cumplir los requisitos de rendimiento durante una misión determinada se ve afectado por ambos tipos de incertidumbre.

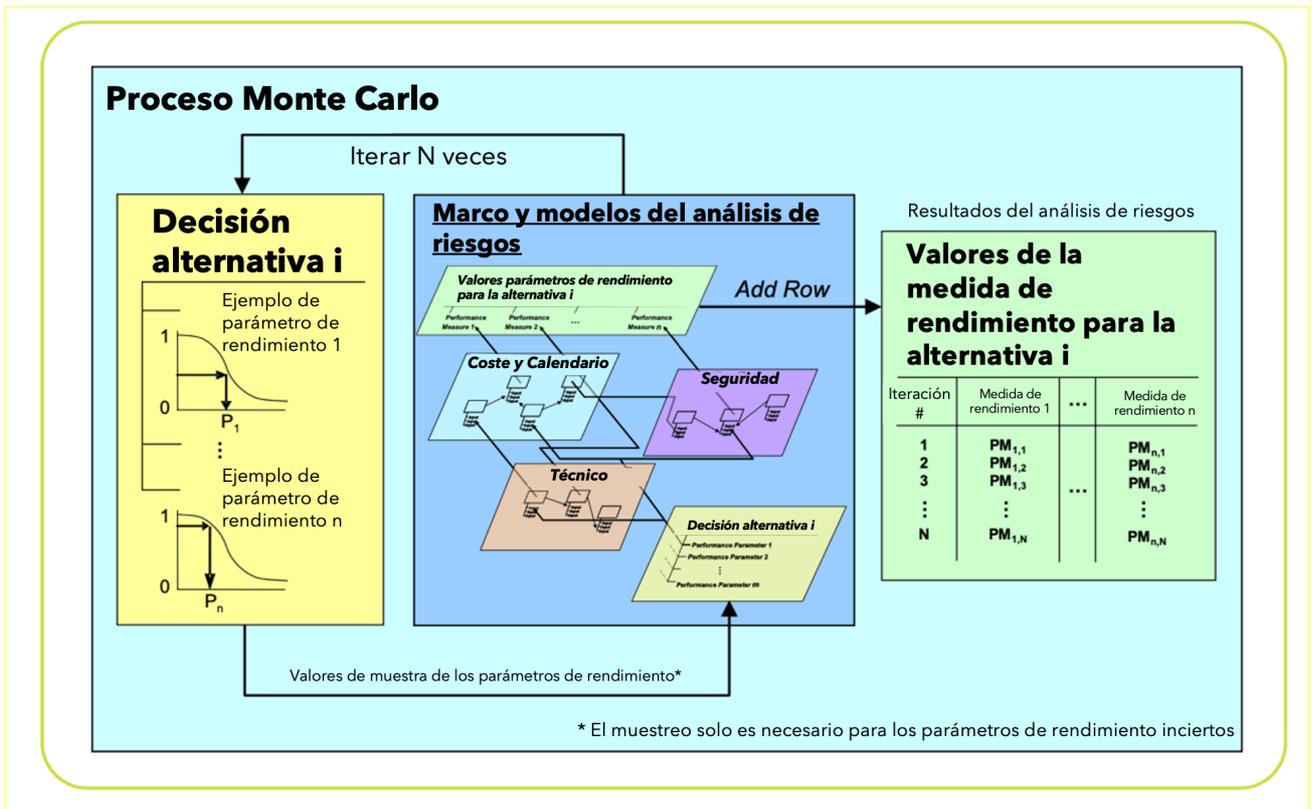


Figura 10. Análisis de riesgos usando el modelo Monte Carlo

**4.2.2.2. Uso de información cualitativa en el proceso RIDM**

Las incertidumbres en las medidas de rendimiento previstas están causadas por las incertidumbres en los parámetros de rendimiento de entrada y en los modelos que se utilizan para calcular los resultados. Estas incertidumbres en los parámetros y en los modelos pueden expresarse en términos cuantitativos o cualitativos. Si un parámetro es fundamentalmente de naturaleza cuantitativa, se representa como si tuviera una distribución de incertidumbre que se expresa en términos de valores numéricos.

Un parámetro de rendimiento también puede expresarse a menudo en términos de una escala construida que es cualitativa por naturaleza.

Mientras que el parámetro de funcionamiento puede ser cuantitativo o cualitativo, la escala de probabilidad para la distribución de incertidumbre del parámetro de funcionamiento se define generalmente de manera cuantitativa. La escala de probabilidad puede ser continua o discreta.

En la siguiente figura se muestran varios tipos de distribuciones de incertidumbre cuantitativas y cualitativas para los parámetros y condiciones de entrada. Tres de ellas (los gráficos superiores izquierdo y derecho y el inferior derecho) son tipos de funciones de densidad de probabilidad, mientras que el cuarto gráfico (inferior izquierdo) es una forma de función de distribución acumulativa complementaria. Cualquiera de las dos formas de distribución (forma de densidad o forma acumulativa) Puede utilizarse para expresar la incertidumbre. La elección se rige por la que sea más fácil de construir, en función del contenido de la información sobre la incertidumbre.

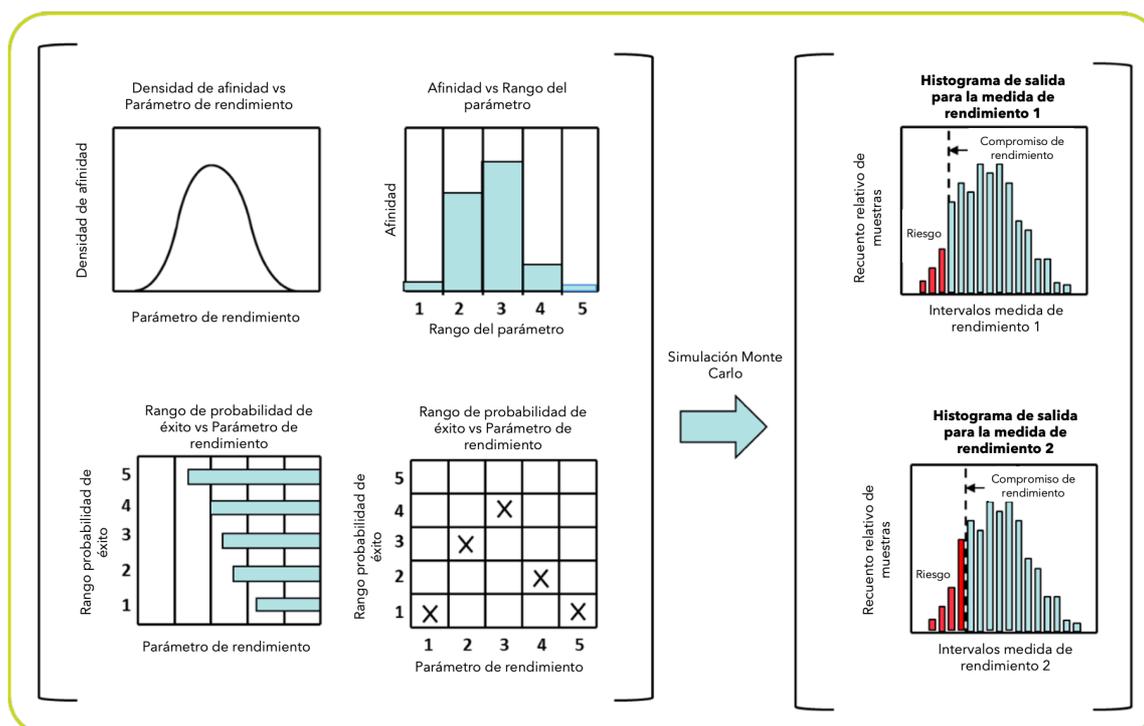


Figura 11. Parámetros de rendimiento inciertos que dan lugar a histogramas de medidas de rendimiento

Los valores de las medidas de rendimiento de salida, a diferencia de los valores de los parámetros de rendimiento de entrada, son siempre cuantitativas en el sentido de que se definen en términos de métricas numéricas. Las distribuciones de incertidumbre de salida se expresan en forma de representación de histograma de valores de salida obtenidos a partir del muestreo Montecarlo de los valores y las condiciones de entrada.

Dado que los modelos numéricos se configuran para aceptar entradas numéricas, la ejecución de los modelos para calcular las medidas de rendimiento de salida es, en general, más fácil si todos los parámetros de rendimiento se definen en términos de escalas cuantitativas, ya sean continuas o discretas. Hay que ser prudente cuando una o varias de las entradas se definen en términos de escala cualitativa. En estos casos, el cálculo de las medidas de rendimiento puede requerir que se utilicen modelos diferentes en función del rango de la entrada cualitativa.

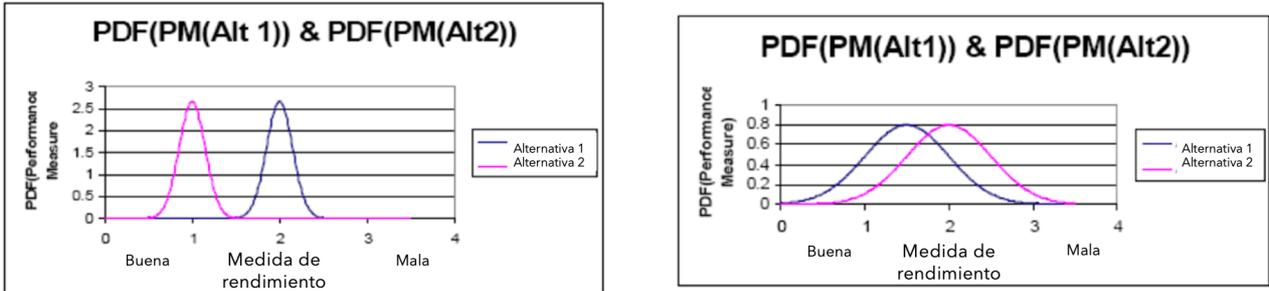
La cuestión de cómo utilizar la información cualitativa dentro del proceso RIDM es especialmente importante a la hora de tratar los riesgos institucionales, en los que un mayor porcentaje de requisitos de rendimiento tiende a expresarse en términos más cualitativos que en el caso de los riesgos de programa/proyecto.

#### 4.2.2.3. Análisis de riesgos para una toma de decisiones sólida

Debido a que el objetivo del análisis de riesgos en el proceso RIDM es facilitar la toma de decisiones, es necesario determinar la idoneidad de los métodos de análisis en ese contexto. El objetivo es una decisión sólida en la que el responsable de la toma de decisiones confíe en que la alternativa de decisión elegida es realmente la mejor dado el estado de los conocimientos en ese momento. Para lograr esto como el análisis de riesgos debe ser lo suficientemente riguroso como para distinguir entre las alternativas, especialmente cuando se trata de medidas de desempeño que influyen en la toma de decisiones.

En las decisiones que involucran múltiples objetivos y medidas de rendimiento, no siempre es posible determinar a priori qué medidas serán decisivas y cuáles solo tendrán un impacto marginal.

El responsable de la toma de decisiones decide si la reducción de la incertidumbre aclararía una distinción entre las alternativas de decisión en conflicto. Si fuera beneficioso y si el análisis adicional es práctico y eficaz para tal efecto, se repite el análisis de riesgos y se actualizan los resultados.



**PDF (PM (Alt X)) : Función de densidad de probabilidad de la medida de rendimiento asociada a la alternativa de decisión X**

Figura 12. Solidez e incertidumbre

**4.2.2.4. Análisis secuencial y selección descendente**

Aunque el responsable de la toma de decisiones tiene la última palabra sobre cualquier alternativa, puede delegar la autoridad para eliminar de la preselección a un representante local del responsable de la toma de decisiones para reducir el número de alternativas en disputa tan pronto como sea posible durante el proceso de toma de decisiones. La selección descendente no tiene una fórmula; por lo tanto, es crucial examinar continuamente las alternativas a lo largo del proceso y documentar los motivos por los que se descartan las alternativas cuando se eliminan.

Por lo general, la selección descendente requiere análisis secuenciales, cada uno de los cuales está precedido por una reducción de opciones. De esta manera, una vez cuantificados esos valores, las alternativas que son evidentemente desfavorables debido a su desempeño en una o pocas medidas de desempeño pueden eliminarse del análisis posterior.

Puede ser beneficioso ordenar la realización de los análisis específicos del ámbito de manera que se aprovechen las posibilidades de eliminar las alternativas antes de remitirlas para un análisis adicional, dentro de las limitaciones de las dependencias analíticas establecidas por el marco de análisis de riesgos establecido en el paso anterior.

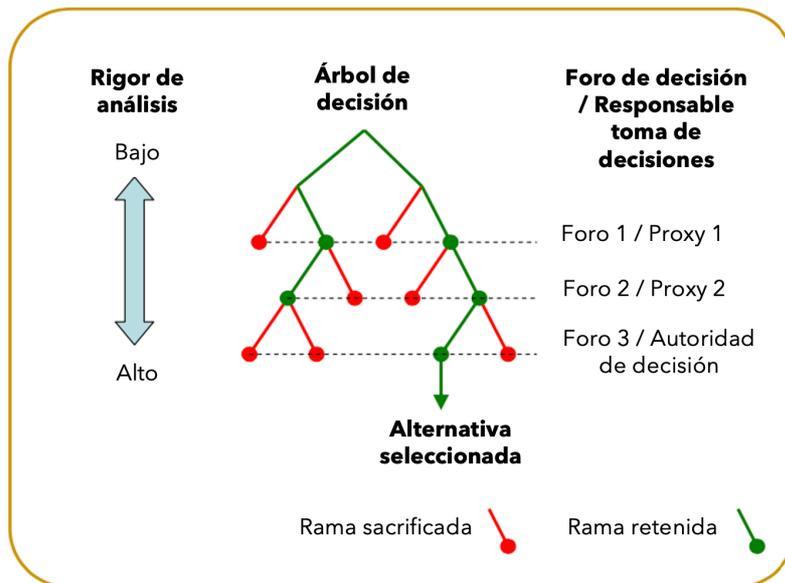


Figura 13. Selección descendente de las alternativas

Los analistas de riesgos, los deliberantes y responsables de la toma de decisiones deben trabajar juntos en el análisis secuencial y la selección descendente. Como toda toma de decisiones, la selección descendente secuencial debe hacerse en el contexto de los valores de las partes interesadas y la responsabilidad del

responsable de la toma de decisiones.

#### 4.2.2.5. Incertidumbre del modelo y estudio de sensibilidad

Como ocurre con todas las actividades de modelización de riesgos, esta suele conllevar cierto grado de incertidumbre en la medida en que existe una falta de correspondencia entre el modelo y la alternativa modelada.

Los enfoques promueven con frecuencia la utilización del juicio de expertos para determinar las distribuciones de incertidumbre para los resultados de los distintos modelos.

En busca de un resultado conservador realista, los analistas enfatizarán los puntos de datos con los valores de empuje más bajos sobre los que producen valores más altos al desarrollar la correlación. Además, debido a que los experimentos no se duplican en su entorno, la correlación se sesga aún más hacia valores más bajos. En consecuencia, se produce un modelo modificado que es comparable al modelo original pero que no incluye sesgos de datos para obtener un resultado conservador.

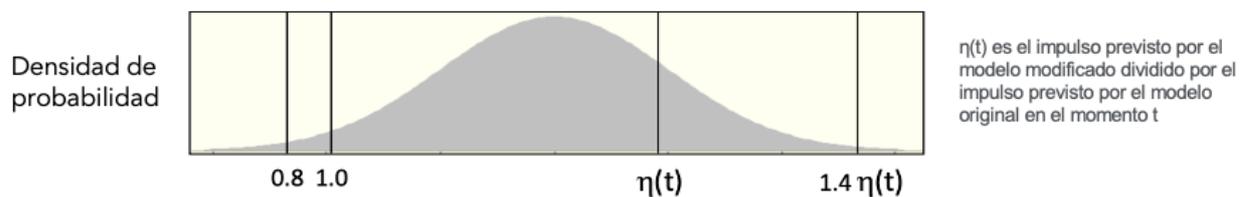


Figura 14. Conceptualización de la formulación de la incertidumbre de modelización

En cierta medida, esta técnica es aplicable en general a situaciones en las que la experiencia subjetiva puede utilizarse para crear un modelo “meta” que integre la información disponible de fuentes diversas.

El estudio de sensibilidad sobre los rangos de valores creíbles de las variables y o parámetros del modelo es otro método para garantizar la solidez de las decisiones. Los estudios de sensibilidad son particularmente útiles para los modelos que producen resultados de medidas de rendimiento de valor puntual, incluso si se sabe que la medida de rendimiento es incierta. En estos casos, la sensibilidad de la decisión a los cambios en los límites de los supuestos del análisis de riesgos es crucial.

#### 4.2.2.6. Resultados del análisis

La presentación de los resultados del análisis para el proceso RIDM puede variar dependiendo del tipo de problema. Como resultado, no se pueden obtener resultados de análisis estándar. En cambio, los resultados se ajustan al problema y a las exigencias del proceso de deliberación. Debe considerar la posibilidad de producir una variedad de resultados, como:

- Descripciones de escenarios
- Funciones de densidad de las probabilidades de las medidas de rendimiento y estadísticas
- Resultados del riesgo
- Análisis de incertidumbre y estudios de sensibilidad

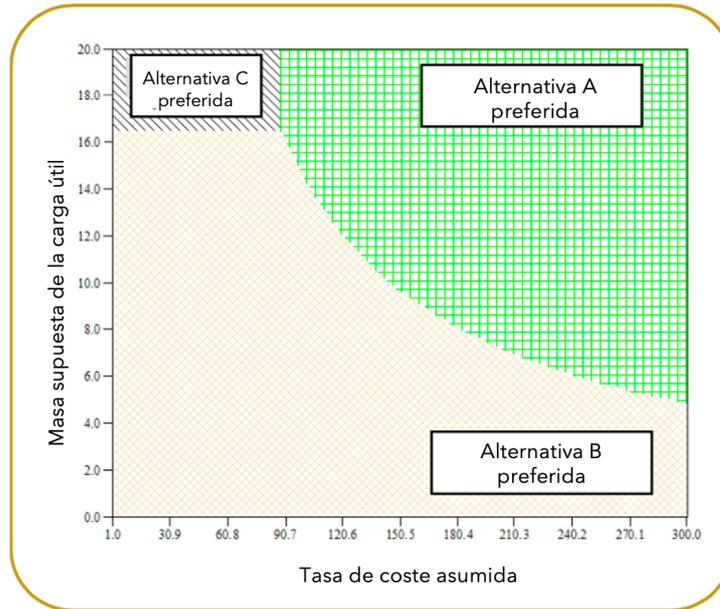


Figura 15. Representación de la sensibilidad según los parámetros de entrada

Es importante señalar que a medida que se repite el análisis con la participación de las partes interesadas y el responsable de la toma de decisiones, se espera que los resultados del análisis de riesgos cambien. Además, es posible evaluar los resultados del análisis en el contexto de los compromisos de desempeño de los stakeholders al establecerlos.

#### 4.2.2.7. Evaluación de los resultados del análisis de riesgos

El análisis de riesgos en un entorno de decisión basado en el riesgo es por sí solo un componente del proceso de toma de decisiones, y su impacto es directamente proporcional a la consideración que le tengan los deliberantes. Si los fundamentos de un análisis de riesgos no se valoran adecuadamente, podría no tener un impacto significativo en la toma de decisiones, lo que significaría que se perdería la oportunidad de aprovechar al máximo la información disponible. Antes de discutir los resultados reales, se recomienda una evaluación de la credibilidad del análisis de riesgos para abordar este riesgo potencial.

El siguiente modelo estándar de la NASA proporciona al responsable de la toma de decisiones una evaluación de los resultados de modelado y simulación frente a factores importantes que:

- Contribuyen a la credibilidad del responsable de toma de decisiones
- Se evalúan de forma razonable en una escala graduada de evaluación de la credibilidad

Un resumen completo de los criterios de evaluación de la NASA se encuentra en la siguiente tabla, que reproduce la tabla 1 NASA-STD-7009. Esta no debe utilizarse por sí sola para realizar evaluaciones de credibilidad. En cambio, se deben utilizar las definiciones detalladas de los niveles que se encuentran en la norma.

Nivel	Verificación	Validación	Pedigrí de entrada	Resultados inciertos	Resultado robustez	Usar histórico	Gestión M&S	Cualificación del personal
4	Errores numéricos pequeños para todas las características importantes	Los resultados concuerdan con los datos reales	Los datos de entrada coinciden con los del mundo real	Análisis no determinista y numérico	Sensibilidad conocida para la mayoría de los parámetros, sensibilidades clave identificadas	Norma de facto	Mejora continua del proceso	Amplia experiencia y utilización de las prácticas recomendadas para este tipo concreto de seguimiento y evaluación
3	Estimación numérica formal	Los resultados concuerdan con los datos experimentales de problemas de interés	Los resultados concuerdan con los datos experimentales para los problemas de interés	Análisis no determinista	Sensibilidad conocida para muchos parámetros	Predicciones previas validadas posteriormente por los datos de la misión	Proceso predecible	Titulación superior o amplia experiencia en M&S, y práctica recomendada de conocimientos
2	Pruebas unitarias y de regresión de funciones clave	Los resultados concuerdan con los datos experimentales u otras pruebas y ensayos sobre problemas unitarios	Datos de entrada rastreables hasta la documentación formal	Análisis determinista u opinión de expertos	Sensibilidad conocida para unos pocos parámetros	Utilizado antes para decisiones críticas	Proceso establecido	Formación y experiencia formales en M&S, y formación práctica recomendada
1	Modelos conceptuales y matemáticos verificados	Los modelos conceptuales y matemáticos concuerdan con los referentes simples	Datos de entrada rastreables hasta la documentación informal	Estimaciones cualitativas	Estimaciones cualitativas	Supera pruebas sencillas	Proceso gestionado	Titulación en ingeniería o ciencias
0	Pruebas insuficientes	Pruebas insuficientes	Pruebas insuficientes	Pruebas insuficientes	Pruebas insuficientes	Pruebas insuficientes	Pruebas insuficientes	Pruebas insuficientes
<b>Desarrollo M&amp;S</b>			<b>Operaciones M&amp;S</b>			<b>Pruebas justificativas</b>		

Figura 16. Aspectos clave de los niveles de evaluación de la credibilidad

Para ayudar en la aplicación de los criterios de evaluación dictados, la siguiente figura presenta una matriz que indica el nivel de análisis de cada uno de los métodos de estimación.

Nivel	<u>Método estimación de costes</u>			<u>Método estimación técnica</u>			<u>Método de estimación de la seguridad, la fiabilidad y las operaciones</u>			
	Analogía	Paramétrico	Acumulación de Ingeniería	Primer orden	Simulación detallada	Experiencia operativa	Pruebas	Paramétrica de primer orden	Modelado lógico detallado	Estadística
0										
1	X			X				X		
2		X			X				X	
3			X			X				X
4							X			

Figura 17. Matriz niveles de análisis

#### 4.2.2.8. Base técnica de deliberación

La base técnica de deliberación especifica la información mínima necesaria para informar sobre el riesgo en la selección de una alternativa de decisión. La pregunta: ¿qué información necesitan los deliberantes y los responsables de la toma de decisiones para que su proceso de toma de decisiones esté completamente informado sobre el riesgo? Impulsa el contenido de esta.

En este momento del proceso, las restricciones impuestas son las únicas referencias para determinar las deficiencias, por lo que son las únicas cosas “en riesgo”.

La matriz de riesgos de restricciones impuestas se ha creado para ayudar a los deliberantes y a los responsables de la toma de decisiones a concentrarse en las alternativas más prometedoras:

- Ordenada por riesgo total, con las alternativas menos amenazadoras en la parte superior.
- Coloreada en función del riesgo relativo

Alternativa	Restricciones impuestas					
	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2</sub>	PM <sub>3</sub>	...	PM <sub>n</sub>	Total
	Restricción (> C <sub>1</sub> )	Restricción (< C <sub>2</sub> )	Restricción (> C <sub>3</sub> )	...	Restricción (< C <sub>n</sub> )	
7	0.7%*	0.09%	0.04%		0.1%	0.9%
1	2%	0.8%	0.2%		0.01%	4%
12	0.4%	5%	20%		0.1%	27%
...				...		
3	15%	0.9%	8%		0.01%	56%

\*Probabilidad de no cumplir la restricción impuesta

Figura 18. Restricciones impuestas Matriz de Riesgos

Nos apoyaremos en gráficos como los gráficos de bandas para tomar la mejor decisión. Esto se pueden realizar para cada medida de desempeño del análisis de riesgos, lo que proporciona una imagen completa del desempeño analizado de cada alternativa.

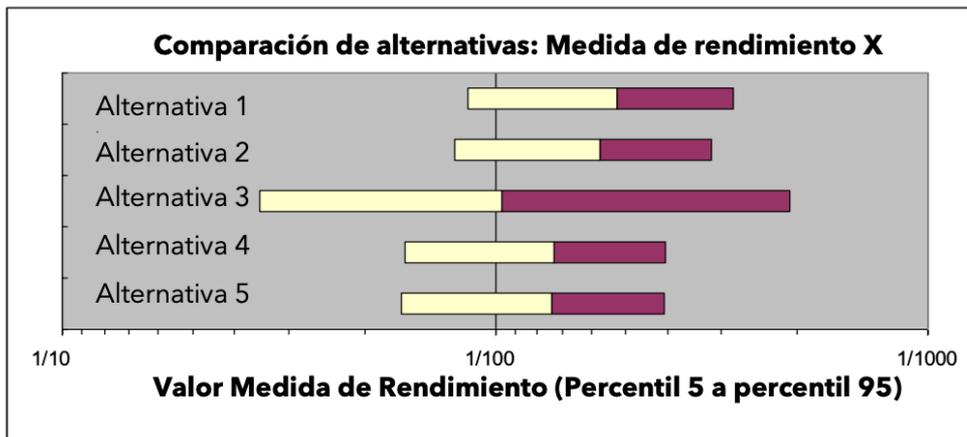


Figura 19. Gráfico de bandas para medida de rendimiento X

Una representación directa de la diferencia entre alternativas de diseño puede complementar la información proporcionada por los gráficos de bandas, lo que permite una mejor capacidad para realizar comparaciones en condiciones de incertidumbre. La siguiente imagen muestra una posible representación. Esta muestra las curvas de las medidas de desempeño de 2 opciones diferentes, cuyos valores están relacionados. La función de la diferencia de rendimiento entre las dos opciones se muestra en 1/3 curva punteada. Esta curva muestra que, a pesar del notable solapamiento entre las curvas de las dos medidas de rendimiento, la alternativa dos es

claramente superior a la alternativa uno, al menos en lo que respecta a la medida del rendimiento que se muestra.

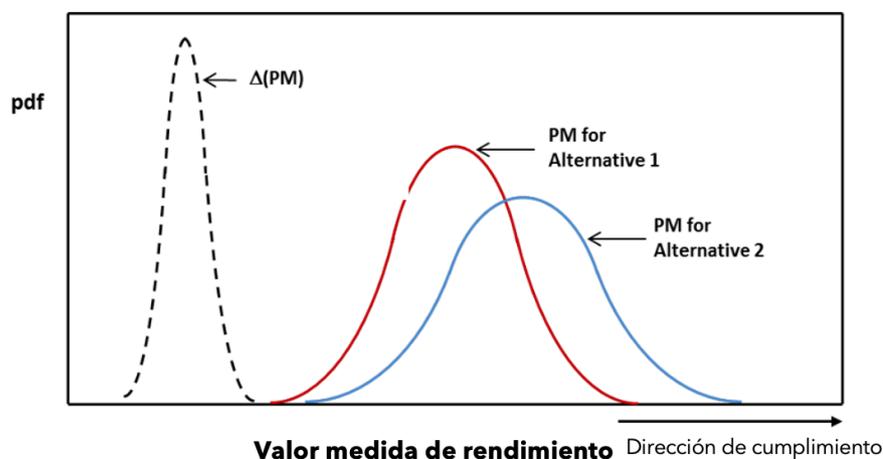


Figura 20. Comparación de las distribuciones de incertidumbre

### 4.3. Parte 3. Selección de alternativas en función del riesgo

El método de selección de alternativas que considera el riesgo del proceso RIDM proporciona un método para integrar la información sobre el riesgo en un proceso deliberativo de toma de decisiones, confiando en el juicio de los responsables de la toma de decisiones para tomar decisiones basadas en el riesgo.

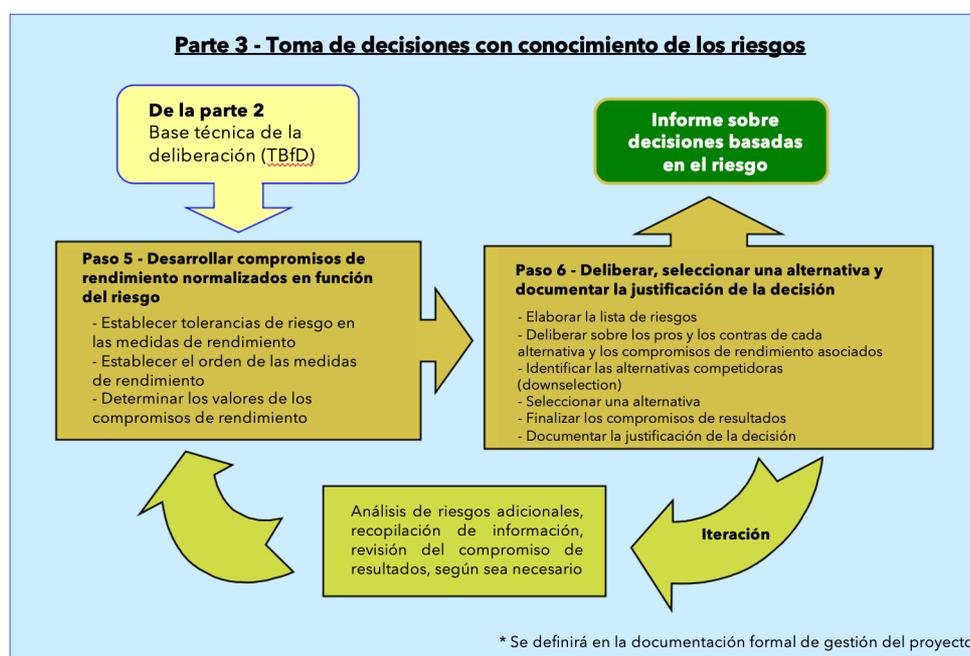


Figura 21. Proceso RIDM Parte 3

Los compromisos de rendimiento que representan niveles coherentes de tolerancia al riesgo en todas las alternativas se desarrollarán en la etapa 5. En la etapa 6, las partes interesadas, los analistas de riesgos y los responsables de la toma de decisiones discuten las ventajas e inconvenientes de cada alternativa, utilizando los datos de la base técnica de deliberación. Este paso es iterativo y puede implicar un análisis de riesgos adicional u otra recuperación de información a medida que los participantes se esfuerzan por evaluar completamente las

alternativas e identificar las que creen que son merecedoras de una consideración seria por parte del responsable de la toma de decisiones.

### 4.3.1. Paso 5. Desarrollar compromisos de resultados normalizados en función del riesgo

Este manual introduce el concepto de compromisos de rendimiento para generalizar la aplicación coherente de la tolerancia al riesgo a las expectativas de rendimiento de cada alternativa de decisión. Para una medida de rendimiento específica, el compromiso de rendimiento se fija en el mismo percentil para todas las alternativas de decisión, de modo que la probabilidad de no alcanzar los diferentes valores de compromiso sea la misma en todas las alternativas.

Los compromisos de desempeño permiten una comparación normalizada del riesgo de las alternativas de decisión, en el sentido de que se establece un nivel uniforme de tolerancia al riesgo antes de discutir las ventajas e inconvenientes de cada una de las alternativas.

Las entradas para el desarrollo del compromiso de rendimiento son:

- Los gráficos de las medidas de rendimiento para cada alternativa de decisión
- Una ordenación de las medidas de rendimiento
- Una tolerancia al riesgo para cada medida de rendimiento

Los compromisos de rendimiento para cada alternativa se establecen consecutivamente en función de la ordenación de las medidas de rendimiento, condicionado al cumplimiento de los compromisos de rendimiento establecidos anteriormente. Este valor se convierte en el compromiso de rendimiento para la medida del rendimiento actual y el proceso se repite hasta que se hayan establecido todos los compromisos del rendimiento para cada medida de rendimiento. La siguiente figura muestra el procedimiento:

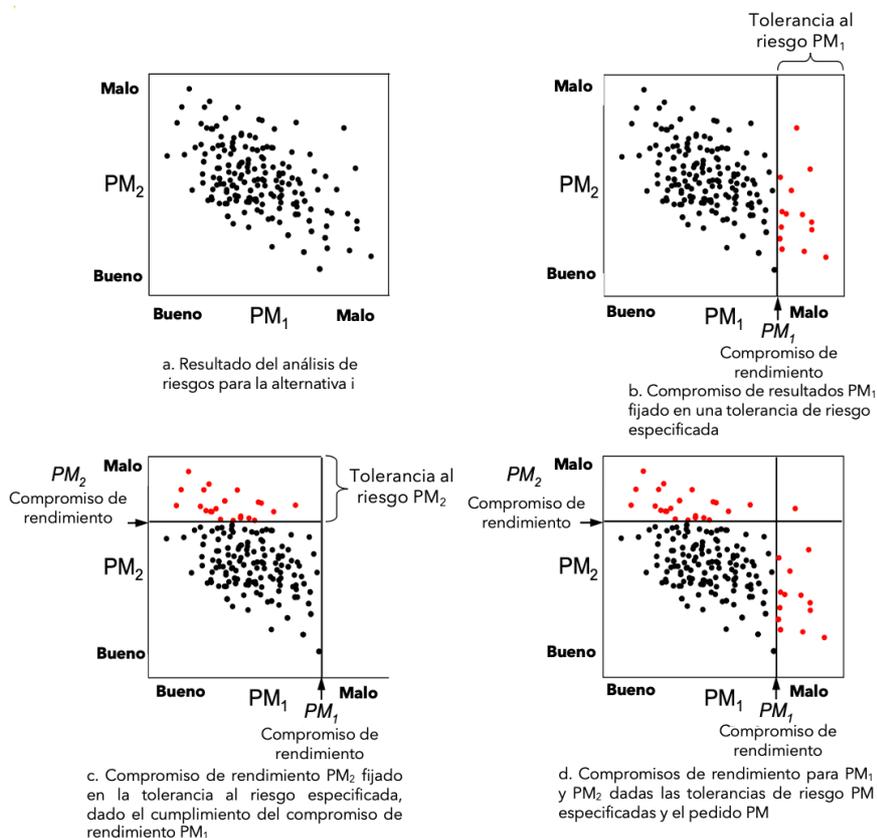


Figura 22. Establecimiento de los compromisos de rendimiento

En general, las diferentes opciones de toma de decisiones tendrán diferentes compromisos con respecto a los resultados. Dado que se han cumplido los compromisos de desempeño anteriores en el ordenamiento de las medidas de desempeño, la probabilidad de cumplir cada compromiso de desempeño será la misma:

$$P(\text{Se cumple el compromiso de resultados } i) = 1 - P(\text{Mi Tolerancia al riesgo}) \\ = 1 - P(\text{Compromiso de rendimiento } i \text{ no se cumple} \mid \text{Compromisos de rendimiento } j < i \text{ se cumplen})$$

$$P(\text{Todos los compromisos de rendimiento se cumplan})$$

$$= \prod_{i=1}^{\#PMs} (1 - P(\text{Mi Tolerancia al riesgo}))$$

#### 4.3.1.1. Establecimiento de tolerancias de riesgo en las medidas de rendimiento

El proceso RIDM requiere la especificación de una tolerancia de riesgo para cada medida de rendimiento, así como la ordenación de las medidas de rendimiento, como base para el desarrollo del compromiso de rendimiento. Estos niveles de tolerancia al riesgo tienen las siguientes características:

- Todas las alternativas tienen la misma tolerancia de riesgo para una medida de rendimiento específica
- La tolerancia al riesgo puede variar según las medidas de rendimiento en función de cómo las partes interesadas y los responsables de toma de decisiones ven el riesgo para cada medida.

Dentro del proceso RIDM, las tolerancias de riesgo y sus compromisos de rendimiento cumplen múltiples funciones:

- El riesgo del proyecto programa se normaliza mediante una tolerancia al riesgo uniforme para todas las alternativas, lo que permite que las deliberaciones se centren en las capacidades de rendimiento sobre una base de riesgo normalizado.
- El riesgo del programa o proyecto se normaliza mediante una tolerancia al riesgo uniforme para todas las alternativas, lo que permite que las deliberaciones se centren en las capacidades de rendimiento sobre una base de riesgo normalizado.
- Los compromisos de desempeño basados en la tolerancia de riesgo permiten comparar el valor puntual de las alternativas de manera adecuada ante una situación que implica umbrales. Al comparar un compromiso de resultados con umbral, es evidente que si el riesgo de superar el umbral está dentro de la tolerancia a riesgo establecida. Por otro lado, el riesgo con respecto a un umbral determinado no sería evidente si se utilizará un valor como la media de la distribución para definir los compromisos de rendimiento.

Entre las cuestiones que deben tenerse en cuenta a la hora de establecer tolerancias de riesgo figuran:

- Relación con las restricciones impuestas: si no se cumplen las restricciones impuestas, no se cumplen los objetivos de alto nivel y la empresa fracasa. Al establecer una tolerancia al riesgo correspondientemente baja en las medidas de rendimiento que tengan restricciones impuestas, las partes interesadas y los responsables de la toma de decisiones tienen la seguridad de que existe una alta probabilidad de éxito del programa/proyecto si los compromisos de rendimiento una alternativa supera las restricciones impuestas asociadas.
- Objetivos de alta prioridad: se espera que los deliberantes tengan una baja tolerancia al riesgo para los objetivos de alta prioridad, pero sin restricciones impuestas. La falta de una restricción impuesta a una

medida de rendimiento no necesariamente significa que el objetivo tenga menos importancia; simplemente puede significar que no hay un límite claro para el éxito.

- Objetivos de baja prioridad y/o “metas ambiciosas”, algunas situaciones de decisión pueden implicar objetivos que no son esenciales para el éxito del programa o proyecto, pero que ofrecen la oportunidad de asumir riesgos en un esfuerzo para lograr un alto rendimiento.
- Cuestiones de rebasamiento: algunas medidas de rendimiento pueden ser difíciles de rebasar. Con el fin de reducir la probabilidad de tener que superar la línea base, los ponentes podrían establecer una tolerancia al riesgo baja para estas medidas de rendimiento.

Los valores de tolerancia al riesgo dependen de los deliberantes y del responsable de la toma de decisiones, y se ajustan a medida que avanza la deliberación, maduran las opiniones y se exploran las excursiones de sensibilidad. En particular, se recomienda examinar las variaciones de sensibilidad en una escala razonable de tolerancias de riesgo para llegar a una decisión sólida sobre las diferentes tolerancias de riesgo y lograr un equilibrio adecuado entre el riesgo del programa/proyecto y el rendimiento especificado por los compromisos de rendimiento.

#### 4.3.1.2. Ordenación de las medidas de rendimiento

Los compromisos de rendimiento se desarrollan secuencialmente debido a las posibles correlaciones entre las medidas de rendimiento. Cualitativamente, el orden de las medidas de desempeño tiene un impacto en los valores de los compromisos de desempeño:

- El orden no es relevante si las medidas de rendimiento son independientes, y los compromisos de rendimientos establecen en las tolerancias de riesgo definidas de las funciones marginales de las medidas de rendimiento.
- Si las medidas de rendimiento están correlacionadas positivamente, los compromisos de rendimiento que van por detrás en el ordenamiento establecerán niveles de rendimiento más altos que los que sugerirían sus funciones marginales.
- Si hay una correlación negativa entre las medidas de desempeño, los compromisos de desempeño que se retrasan en la ordenación se establecerán en niveles de desempeño más bajos de lo que sugerirían sus funciones marginales.
- El impacto del condicionamiento en los compromisos de rendimiento posteriores será menor cuanto menor sea la tolerancia al riesgo.

Estos efectos generales de la ordenación de medidas de rendimiento sobre los compromisos de rendimiento sugieren la siguiente heurística de ordenación:

- Ordenar las medidas de desempeño de la menor a la mayor tolerancia al riesgo, asegurándose de que las tolerancias sean lo más parecidas posible.
- El deseo de especificidad de las tolerancias de riesgo de las medidas de rendimiento determina la organización de las medidas de rendimiento.

Una vez establecidos los compromisos de desempeño, cada alternativa puede compararse con las demás en términos de sus compromisos de desempeño, entendiendo los de liberadores que el riesgo de no alcanzar los niveles de desempeño establecidos por los compromisos de desempeño es el mismo para todas las alternativas. Además, los compromisos de desempeño pueden compararse con cualquier restricción impuesta para determinar si la probabilidad de que no se cumplan está dentro de la tolerancia al riesgo de los deliberantes y, en última instancia, del responsable de la toma de decisiones. Para cada una de las tres opciones de competencia, la siguiente figura ilustra teóricamente un conjunto de compromisos de rendimiento.

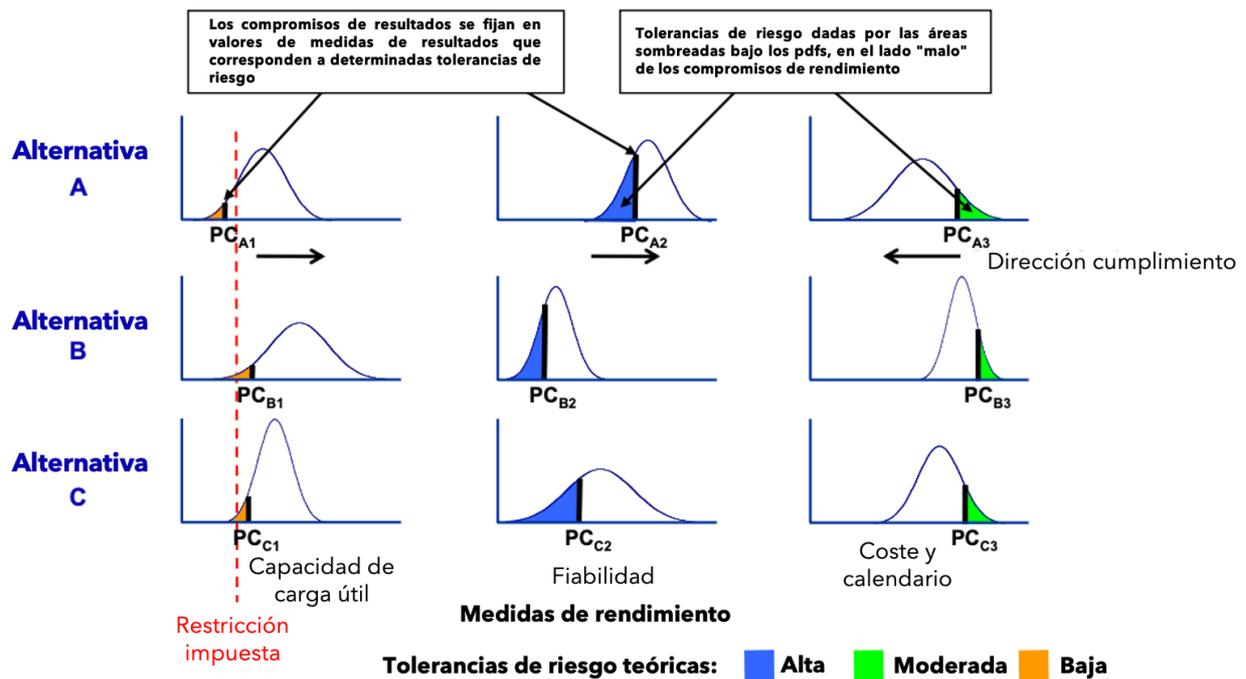


Figura 23. Compromisos de resultados y tolerancias de riesgo para tres alternativas

#### 4.3.2 Paso 6. Deliberar, seleccionar una alternativa y documentar la justificación de la decisión

El proceso RIDM da al responsable de la toma de decisiones la autoridad y la responsabilidad para tomar decisiones importantes. Aunque el responsable de la toma de decisiones tiene la última palabra sobre la selección de alternativas, la evaluación de alternativas puede llevarse a cabo en una serie de foros de deliberación que pueden celebrarse antes de tomar la decisión final. Debido a que en cualquiera de estos foros de deliberación pueden tomarse decisiones parciales, suelen organizarse en torno a una estructura organizativa de equipo establecida por el responsable de la toma de decisiones. Contar con un equipo de profesionales experimentados para realizar un análisis suficiente que respalde una recomendación o decisión es crucial.

##### 4.3.2.1. Convocar un foro de deliberación

Los foros de deliberación discuten los aspectos cruciales de la toma de decisiones. Estos foros ayudan a asegurarse de que una persona responsable dirige a cada área de análisis importante. El tipo de estudio determinará el enfoque de estos foros.

Los foros pueden dividirse, fusionarse las funciones o crear foros completamente nuevos según las circunstancias. Es responsable de la toma de decisiones tiene la última palabra sobre la estructura del foro. Cada foro debe tener suficientes participantes para alcanzar una "masa crítica" de información, interés y motivación.

Las personas que tienen diferentes puntos de vista sobre cuestiones controvertidas también deben participar en las deliberaciones, representando a todas las partes interesadas. Esto facilita la posibilidad de plantear y solucionar problemas que, de otro modo, podrían quedar a la espera. A lo largo de todo el proceso, se debe utilizar un sistema formal para monitorear los procesos hasta que se completen.

##### 4.3.2.2. Identificar las alternativas en conflicto

Los compromisos de desempeño se utilizan después de crearlos para reducir el conjunto de opciones de decisión que el responsable de la toma de decisiones considera apropiada para la toma de decisiones. Sin embargo, en este punto, los responsables de la toma de decisiones se benefician tanto de la base técnica de deliberación y de los compromisos de resultados como de la contribución subjetiva y basada en valores punto las alternativas no competitivas se eliminan por las siguientes razones:

- Inviabilidad: la tolerancia al riesgo de responsable de la toma de decisiones es limitada.

- Predominio: otras alternativas tienen compromisos de rendimientos superiores en todas las medidas de rendimiento, algunas de las cuales son significativamente superiores.
- Desempeño inferior en áreas clave: en general, en cualquier decisión que implique múltiples objetivos, los deliberantes considerarán que algunos objetivos son más importantes que otros. En reconocimiento de los valores de las partes interesadas y de los responsables de la toma de decisiones, se pueden eliminar alternativas que son significativamente menos comprometidas en términos de sus compromisos de desempeño en áreas clave.

#### 4.3.2.3. Consideraciones adicionales sobre la incertidumbre

Las orientaciones anteriores para identificar las alternativas correspondientes se centran en la comparación de los compromisos de rendimiento. Sin embargo, los compromisos de rendimiento no incluyen todos los aspectos potencialmente relevantes del rendimiento, por lo tanto, las alternativas que se identificaron como contendientes sobre la base de sus compromisos de rendimiento se evalúan posteriormente utilizando consideraciones adicionales de incertidumbre relacionadas con su rendimiento en otros percentiles de sus funciones de medida del rendimiento. En particular, la incertidumbre sobre el desempeño puede dar lugar a alternativas con las siguientes características:

- Ofrecen un rendimiento esperado superior: en muchos contextos de toma de decisiones, la preferencia del responsable de la toma de decisiones por una alternativa con un desempeño incierto es equivalente a su preferencia por una alternativa cuyo desempeño es el valor medio de la función de la medida del desempeño. El desempeño esperado es importante para la toma de decisiones en este caso porque reduce la comparación del desempeño entre alternativas a una comparación de valores puntuales.

Sin embargo, la dependencia excesiva del rendimiento esperado en la toma de decisiones puede causar:

- Introducir una probabilidad potencialmente significativa de que no se cumplan las restricciones impuestas, poniendo en peligro los objetivos, incluso si el valor medio cumple con las restricciones impuestas.
- Contribuir al desarrollo de requisitos derivados que probablemente no se cumplirán.

Debido a que la organización suele utilizar umbrales de rendimiento cuando toma decisiones sobre el establecimiento de directrices y la producción de requisitos, el rendimiento esperado y los compromisos de rendimiento deben tenerse en cuenta para garantizar que la toma de decisiones esté adecuadamente informada del riesgo.

Ofrecen la posibilidad de un rendimiento excepcionalmente alto: el valor percentil de la tolerancia al riesgo del responsable de la toma de decisiones puede no ser excepcional en relación con otras alternativas en conflicto para una determinada medida de rendimiento. No obstante, con mayores tolerancias a riesgo, su desempeño puede superar al de otras opciones, llegando a ser atractiva en comparación con ellas. Incluso con compromisos de rendimiento más bajos en las mismas o diferentes métricas.

La siguiente figura muestra un ejemplo teórico de este punto en esta figura, el compromiso de rendimiento de la alternativa 2 es inferior al de la alternativa 1, pero la alternativa 2 ofrece una posibilidad de rendimiento que supera el potencial de la alternativa 1. Las partes interesadas y los encargados de tomar las decisiones en este caso tienen varias opciones:

- Elegir la opción 1 en función de un desempeño superior a su tolerancia al riesgo
- Elegir la alternativa 2 basándose en el hecho de que su rendimiento con su tolerancia al riesgo es aceptable y también tiene potencial para un rendimiento muy superior
- Establecer su tolerancia al riesgo de tal manera que el compromiso de desempeño para ambas opciones sea el mismo como lo que hace que este índice de desempeño sea un discriminador entre las dos opciones

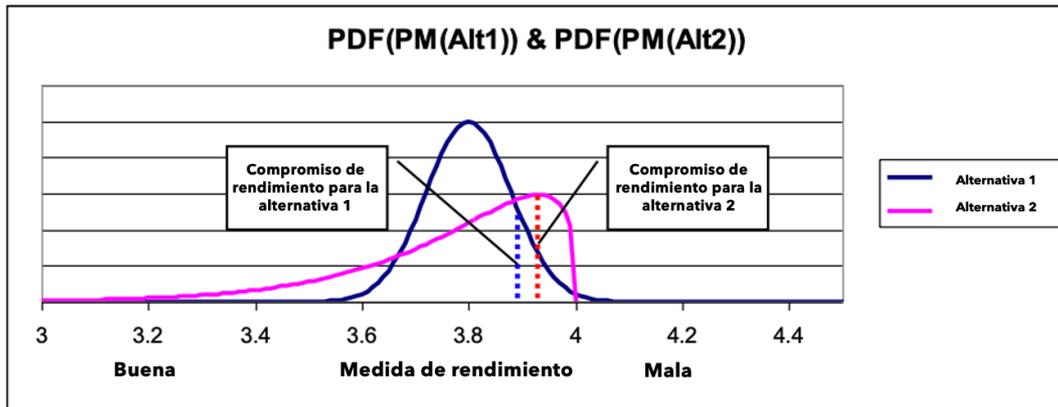


Figura 24. Ejemplo de consideración de la incertidumbre: El potencial de alto rendimiento

En el segundo caso, el responsable de la toma de decisiones está aceptando un mayor riesgo para el programa proyecto, lo que conllevará el desarrollo de requisitos más exigentes y una mayor carga de CRM, independientemente de la alternativa seleccionada.

- Presentan un riesgo de rendimiento excepcionalmente bajo: aunque la probabilidad de no cumplir con el compromiso de desempeño está dentro de la tolerancia al riesgo de los responsables de la toma de decisiones en este caso, las consecuencias pueden ser graves, lo que hace que esa alternativa sea poco atractiva.

#### 4.3.2.4. Otras consideraciones

Otras consideraciones basadas o no en el riesgo también pueden ser relevantes dependiendo de la situación de la decisión y de las alternativas propuestas. Se incluyen:

- Sensibilidad de los compromisos de resultados a las variaciones en la tolerancia al riesgo: es prudente que los liberadores examinen los efectos de las variaciones en la tolerancia a riesgo especificadas para asegurarse de que la decisión sea sólida a pesar de las variaciones dentro de un rango razonable de tolerancia.
- Consideraciones sobre la disposición y el manejo del riesgo: los escenarios indeseables se identifican y analizan en el análisis de riesgos y representan riesgos para el desempeño. El análisis de riesgos para el proceso RIDM puede no incluir todas las estrategias de eliminación de riesgos debido a su amplio alcance. Como resultado, la experiencia de los liberadores tiene un impacto en las cargas relativas de la jubilación de riesgo que presentan las diferentes opciones.
- Consideraciones institucionales: las distintas opciones pueden afectar a diferentes organizaciones e instituciones dentro y fuera de la organización.

#### 4.3.2.5. La deliberación es iterativa

La deliberación es un proceso iterativo en el que el responsable de la toma de decisiones considera un conjunto de alternativas contrapuestas. La ideación a lo largo de la discusión incluye elementos cualitativos y cuantitativos:

- Cualitativo: un deliberante puede tener un tema específico sobre el que quiere llegar a un acuerdo, lo que puede requerir varias rondas de discusión.
- Cuantitativa: una o más medidas de desempeño pueden ser lo suficientemente inciertas como para confundirse de forma significativa, lo que dificulta la capacidad de tomar decisiones fundamentadas. Por lo tanto, antes de que se pueda elegir un conjunto de opciones, es fundamental que los deliberantes

estén satisfechos de que las incertidumbres establecidas se hayan reducido a un nivel tan bajo como sea razonablemente posible.

**4.3.2.6. Comunicaciones de la alternativa al responsable de la toma de decisiones**

En el proceso RIDM, llega un momento en que todas las alternativas se restantes tienen características ventajosas que las hacen atractivas y las convierten en competidores. El siguiente paso es determinar cómo explicar al responsable de la toma de decisiones los beneficios y los inconvenientes de cada alternativa restante, en particular cómo estas alternativas abordan las las restricciones establecidas y satisfacen las expectativas de las partes interesadas. La presentación debe ser más directa y clara, ya que esto facilitará la comprensión de las diferencias entre las opciones.

Después, se creará una matriz de riesgos que incluyen las limitaciones aplicadas a los riesgos más significativos. Además, se debe resumir y enviar la información generada durante la discusión al responsable de la toma de decisiones. Incluye:

- Tolerancias de riesgo y compromisos de rendimiento: los de liberadores se establecen tolerancias de riesgo sobre las medidas de rendimiento para crear compromisos de rendimiento, que pueden utilizarse como base para comparar alternativas.
- Pros y contras de cada alternativa en conflicto: también se recomienda una tabla detallada de los pros y contras de cada alternativa en conflicto. Esto ayudará al responsable de la toma de decisiones a recordar y comunicar las opiniones divergentes para que siga consciente de las cuestiones conflictivas y/o los objetivos contrapuestos de las partes interesadas.
- Listas de riesgos: cada opción tiene sus propios riesgos de compromiso de rendimiento. Como resultado, cada alternativa contendiente tendrá una lista de riesgos escrita que describe los escenarios más importantes que contribuyen al riesgo.

Un ejemplo teórico de la lista de riesgos RIDM se muestra en la siguiente figura. Cada riesgo se expresa en términos de una situación actual que indique la posibilidad de una desviación no deseada de los principios fundamentales del programa o proyecto. La desviación tiene un impacto significativo en un activo del programa o proyecto, lo que puede tener un impacto negativo en la capacidad de cumplir 1 o más compromisos de rendimiento. Se utiliza un semáforo (rojo, amarillo, verde) para mostrar la magnitud del impacto en función de los compromisos de rendimiento y en términos generales. La forma en que se realiza la evaluación de riesgos y los estándares establecidos en el plan de gestión de riesgos determinan la base para detectar la magnitud en caso de que existiera.

Alternativa X - Lista de riesgos RIDM							
Riesgo #	Declaración del riesgo	Compromisos de resultados					Total
		PM <sub>1</sub>	PM <sub>2</sub>	PM <sub>3</sub>	...	PM <sub>n</sub>	
1	Dado A, existe la posibilidad de que B afecte a C y pueda conducir a D	Alto	Medio	N/A		Bajo	Alto
2	Dada E, existe la posibilidad de que F afecte a G y pueda conducir a H	N/A	Bajo	Medio		N/A	Medio
3	Dada H existe la posibilidad de J que impacta en K y puede llevar a L	Medio	N/A	N/A		N/A	Medio
...							
m	Dada W existe la posibilidad de X que impacta en Y y puede llevar a Z	N/A	N/A	Bajo		N/A	Bajo

**Leyenda de riesgo**

- Alto
- Medio
- Bajo
- N/A

Figura 25. Lista de riesgos teóricos para la alternativa X

Independientemente de lo bien que se resume o condensa en la información sobre riesgo en gráficos o matrices,

el responsable de la toma de decisiones debe disponer siempre de los resultados brutos de sesgo, es decir, de las distintas distribuciones de las medidas de rendimiento, si así lo solicita. Solo disponiendo de estos resultados de análisis fundamentales puede responsable de la toma de decisiones hacer valer todo su juicio a la hora de seleccionar una alternativa.

#### **4.3.2.7. La selección de alternativas es iterativa**

El análisis de riesgos y la discusión se repiten hasta que los problemas se resuelven, mientras que la selección de alternativas se repite hasta que el responsable de la toma de decisiones está satisfecho con la información disponible. Esto es particularmente cierto cuando se delegan tareas y se comunican problemas mediante resúmenes informativos. El proceso de iteración requiere análisis adicionales, comentarios de expertos y evaluación de tolerancias de riesgo. El proceso tiene como objetivo abordar las preocupaciones y asegurar una toma de decisiones basada en el riesgo.

#### **4.3.2.8. Selección de una alternativa de decisión**

Una vez que es responsable de la toma de decisiones ha recibido suficiente información para tomar una decisión basada en el riesgo, es responsable de la toma de decisiones está preparado para aplicar una alternativa de decisión. Los dos componentes principales de la decisión son:

- Selección de una alternativa de decisión: el proceso RIDM no especifica un proceso específico para seleccionar una alternativa de decisión, sino que se ocupa de garantizar que las decisiones se tomen teniendo en cuenta los riesgos. El responsable de la toma de decisiones formula y documenta la justificación de la decisión a la luz del análisis de riesgos, independientemente del método utilizado para tomar la decisión.
- Finalización de los compromisos de desempeño: en el entorno basado en requisitos del ciclo de vida del programa o proyecto de la organización, las decisiones se definen esencialmente por los requisitos que producen. Los compromisos de desempeño no solo reflejan las características de desempeño que el responsable de la toma de decisiones espera de la alternativa implementada, sino que también establecen el riesgo inicial que el responsable de la toma de decisiones acepta y cuya gestión solicita al proceso CRM.

#### **4.3.2.9. Documentación de la justificación de la decisión**

El último paso del proceso RIDM consiste en que el responsable de la toma de decisiones documente la justificación de la alternativa seleccionada en el RISR (Risk-Informed Selection Report)

## 6 PROCESO CRM

Después de la selección de una alternativa utilizando el proceso RIDM y la creación de requisitos de rendimiento como parte del proceso de definición de requisitos técnicos, entra en escena el proceso CRM. Este gestionará el riesgo de deficiencias de rendimiento que pueden materializarse en el futuro con respecto a estos requisitos.

Estas preocupaciones importantes de riesgo se denominan riesgos individuales y, en conjunto, constituyen el conjunto de situaciones no deseadas que ponen en peligro el cumplimiento de los requisitos de desempeño de la actividad. Un riesgo de desempeño está asociado con cada requisito de desempeño, que es la suma del conjunto de riesgos que amenazan al requisito. El riesgo de rendimiento se cuantificará mediante el análisis de riesgos, utilizando un modelo de riesgo basado en escenarios que se realiza durante el proceso RIDM y hemos explicado con anterioridad.

En esta versión del manual, los riesgos individuales son principalmente los riesgos del programa o del proyecto, pero también se consideran los riesgos institucionales, que explicaremos más adelante.

Al igual que en el proceso RIDM, el análisis de riesgos mediante un modelo de riesgo integrado es fundamental para el proceso CRM. Esto se debe a que:

- El riesgo para un requisito de rendimiento específico puede deberse a los efectos acumulativos de una serie de riesgos individuales en lugar de un riesgo individual.
- Un modelo de riesgo integrado se puede utilizar para determinar las dependencias entre riesgos individuales. La presencia de otro riesgo individual diferente puede agravar o inhibir los efectos de un riesgo individual específico. La caracterización de estas dependencias y su reflejo en el riesgo de rendimiento resulta de la modelización integrada de riesgos.
- La modelización integrada de riesgos apoya las respuestas a riesgo centradas en el rendimiento. La creación y el análisis de riesgos de las alternativas de respuesta a los riesgos de los candidatos es un paso del PLAN del proceso CRM. Para una caracterización completa de sus diversos efectos en el riesgo de rendimiento, el análisis de riesgos muestra cómo cada alternativa de respuesta a riesgo afecta a todo el conjunto de medidas de rendimiento modeladas.
- Las unidades de la jerarquía organizativa de la organización pueden coordinar los modelos de riesgo y los resultados del análisis de riesgos, lo que permite que el análisis de riesgos de cada unidad se integre con análisis de las unidades subordinadas que tienen un impacto directo en el rendimiento de la unidad, así como con otras unidades que comparten fuentes comunes de riesgo.

La tolerabilidad del riesgo asociado con el desempeño de cada requisito se establece inicialmente por un responsable de toma de decisiones dentro de la unidad organizativa que es responsable de ese riesgo. Según esta perspectiva, la tolerabilidad puede establecerse en el tiempo. En la medida que los requisitos de rendimiento reflejan los compromisos de rendimiento del RIDM, las tolerancias de riesgo suelen reflejar las establecidas por el proceso RIDM. Sin embargo, los responsables de la toma de decisiones pueden estipular que algunos de los riesgos de rendimiento se reducen a medida que avanza la aplicación, de modo que, a medida que se acerca la fecha objetivo de verificación, la confianza en que se cumplirá el requisito de rendimiento será cada vez mayor. Sin embargo, los responsables de la toma de decisiones también pueden estipular que otros riesgos de rendimiento permanezcan constantes a lo largo del proyecto o incluso aumenten con el tiempo según un calendario de mitigación predeterminado.

El proceso CRM consta de 5 pasos cíclicos, como muestra la siguiente figura: Identificar, Analizar, Planificar, Seguir y Controlar, apoyados por las funciones completas de Comunicación y Documentación. En la práctica, estos pasos funcionan paralelamente.

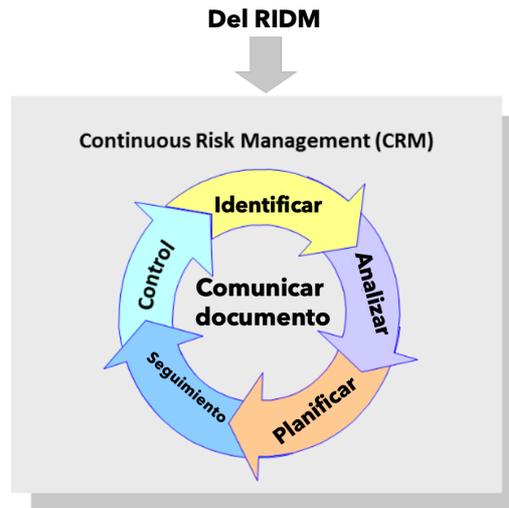


Figura 26. Proceso CRM

Además, la naturaleza de los problemas de riesgo que se abordan determina las actividades de cada etapa y las interfaces entre ellas. Por lo tanto, los diferentes problemas pueden seguir caminos diferentes a lo largo del proceso. La identificación de riesgos individuales será el primer paso. Para determinar la urgencia de estos riesgos específicos, se realiza un análisis “rápido”. Los riesgos urgentes se remiten inmediatamente a la fase de planificación para que se pueda aplicar una respuesta oportuna, y se analizan más a fondo al integrarlos en el modelo de riesgos. Antes de la planificación, se analizan en detalle los riesgos no urgentes para garantizar que la planificación sea adecuadamente informada sobre riesgo utilizando una base analítica suficiente para apoyar una selección sólida de respuestas eficaces a riesgo. En cualquier caso, el modelo de riesgo se actualiza con la respuesta de riesgo elegida, y los factores de riesgo se monitorean y controlan según sea necesario para mantener el riesgo de rendimiento dentro de límites aceptables. Sin embargo, si no hay recursos suficientes en el nivel actual para aplicar a una respuesta táctica o estratégica efectiva, la decisión sobre el riesgo se eleva a la unidad organizativa inmediatamente superior.

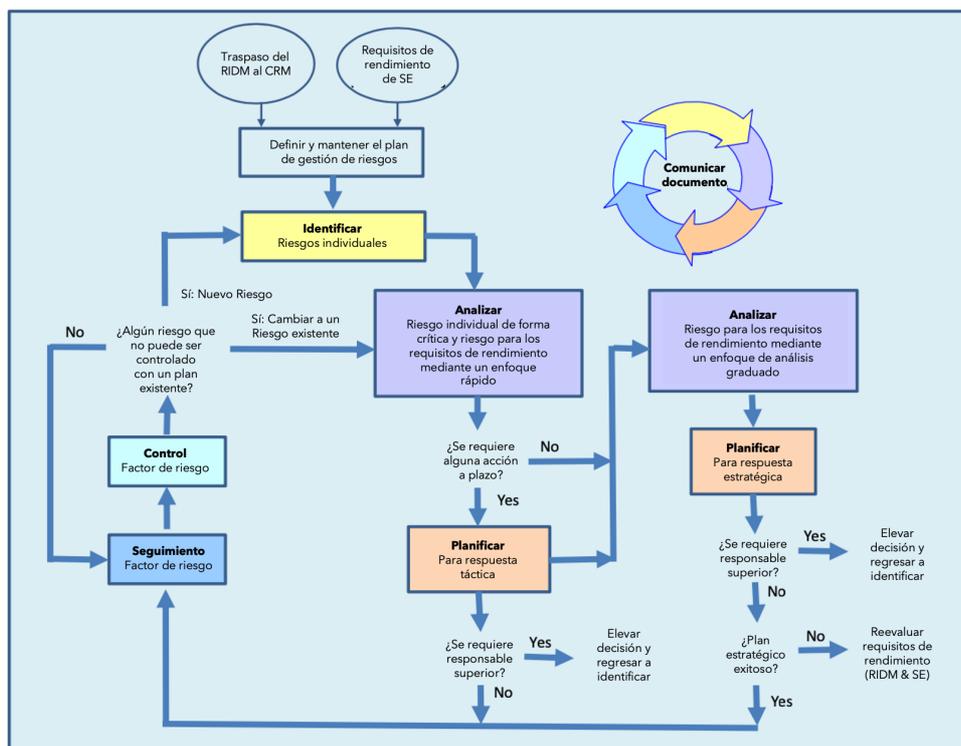


Figura 27. Diagrama de flujo del proceso CRM

## 5.1. Inicialización del proceso CRM

El proceso CRM comienza para proporcionar un marco para la gestión de riesgos en curso que esté adecuadamente estandarizado en todas las unidades organizativas afectadas una vez que se ha elegido una alternativa para su implementación a través del proceso RIDM y se han definido los requisitos de rendimiento para la misma.

### 6.1.1 Desarrollo del Plan de gestión de riesgos

Para desarrollar un proceso de gestión de riesgos sólido, es necesaria una fase previa de planificación, aunque no se incluya explícitamente en la representación tradicional del proceso CRM. El proceso de gestión de riesgos se documenta formalmente en un RMP de proyecto una vez desarrollado. El RMP también debe servir como herramienta para identificar y definir las disposiciones técnicas y la coordinación críticas que se aplicarán durante las actividades programadas de gestión de riesgos, además de detallar cómo se llevará a cabo cada paso del proceso de gestión de riesgos.

Los elementos clave del marco de gestión de riesgos que se desarrollan en plasman en el RMP incluyen:

- Identificación de las partes interesadas, para que participen en las deliberaciones relativas en respuesta a los riesgos.
- Establecimiento de estándares para la tolerancia al riesgo, límites y protocolos de elevación.
- Establecimiento de un calendario de tolerancia de riesgos para cada riesgo de rendimiento.
- Para cada requisito de funcionamiento, documentación, o indicación por referencia de si sus riesgos asociados deben evaluarse cuantitativa o cualitativamente, y justificación de los casos en que solo sea posible evaluar el riesgo cualitativamente.
- Establecimiento de protocolos de comunicación de riesgos entre los niveles de gestión, incluido la frecuencia y el contenido de los informes, así como identificación de las entidades que recibirán datos de seguimiento de riesgos procedentes de la actividad de gestión de riesgos de la unidad.
- Delimitación de los procedimientos utilizados para coordinar las actividades de gestión de riesgos y compartir información sobre riesgos con otras unidades de la organización.

### 6.1.2 Entradas al CRM

#### 6.1.2.1 Aportaciones del proceso RIDM

Muchos de los productos del proceso RIDM se trasladan al proceso CRM, estos productos incluyen:

- El análisis de riesgos de la alternativa seleccionada: durante todo el proceso CRM, se mantienen el análisis de riesgos creado durante el proceso RIDM para la alternativa elegida, este proporciona la capacidad fundamental de análisis de riesgos para evaluar el riesgo de rendimiento e identificar los factores de riesgo.
- Tolerancias de riesgo y compromisos de rendimiento asociados: las tolerancias de riesgo en las medidas de rendimiento representan el riesgo de rendimiento inicial que el responsable de la toma de decisiones aceptó implícitamente como parte del desarrollo de los compromisos de rendimiento normalizados por riesgo.
- La lista de riesgos: la lista de riesgos generada durante el proceso RIDM identifica los principales escenarios que contribuyen al riesgo de rendimiento de la alternativa elegida. Después de seleccionar una alternativa para su implementación, la ingeniería de sistemas desarrolla los requisitos de

rendimiento. La expectativa es que los requisitos de rendimiento se hayan derivado de los compromisos de rendimiento para asegurarse de que estén dentro de la tolerancia al riesgo de responsable de la toma de decisiones.

- El informe de selección basada en el riesgo (RISR): el análisis de riesgos habrá abordado todas las medidas de rendimiento de la alternativa seleccionada, pero es probable que solo se hayan analizado en detalle las medidas de rendimiento consideradas discriminatorias entre las alternativas.

El proceso CRM debe completar el análisis de riesgos del RIDM para las medidas de rendimiento no discriminatorias tan pronto como sea posible también debe ampliar y actualizar la lista inicial de riesgos para incluir cualquier nuevo riesgo que haya resultado del análisis de riesgos. La transición de la modelización basada en parámetros a la modernización basada en escenarios también se llevará a cabo siempre que sea factible.

Los modelos de riesgo creados durante el proceso RIDM son esencialmente independientes en cada nivel de estructura organizativa. Por lo tanto, los modelos de riesgo cm dependen del flujo ascendente de información de riesgo proveniente de los modelos de los niveles inferiores de la jerarquía organizativa, así como de la compatibilidad de los modelos e hipótesis entre todas las unidades. En última instancia, estos resultados se agregan al riesgo de rendimiento en algún nivel superior compartido. Como resultado, deben establecerse protocolos de intercambio de modelos e información de datos según sea necesario para apoyar la naturaleza distribuida de la gestión de riesgos dentro de la estructura jerárquica de la organización.

### 6.1.2.2 Aportaciones de la ingeniería de sistemas

El resultado de la ingeniería de sistemas que constituye la aportación al proceso CRM consiste en los requisitos de rendimiento para la alternativa seleccionada. Estos requisitos de rendimiento son el resultado de un proceso negociado de descomposición y asignación de requisitos que fluye hacia abajo a través de la jerarquía de la organización. Se espera que los requisitos tengan en cuenta los riesgos, sin embargo, los requisitos de rendimiento no serán necesariamente idénticos a las medidas de rendimiento y los compromisos del rendimiento del RIDM. Esto se debe a que el proceso de ingeniería de sistemas no está obligado a basar sus requisitos en el análisis RIDM, Solo a tener en cuenta la información sobre el riesgo que produce en sus deliberaciones.

### 6.1.3 Objetivos de la tolerancia al riesgo en hitos proyectados

Los niveles iniciales de riesgo para cada medida de rendimiento establecen los niveles iniciales de tolerancia al riesgo para la consecución de los requisitos de rendimiento. La incertidumbre debería disminuir a medida que el programa o proyecto avanza, se aplica medidas de mitigación, se eliminan las preocupaciones sobre el riesgo y se mejora el estado de los conocimientos sobre las medidas de rendimiento. Como resultado, el riesgo residual debería reducirse. Dado que pueden surgir nuevos riesgos durante el proyecto, la disminución puede no ser lineal.

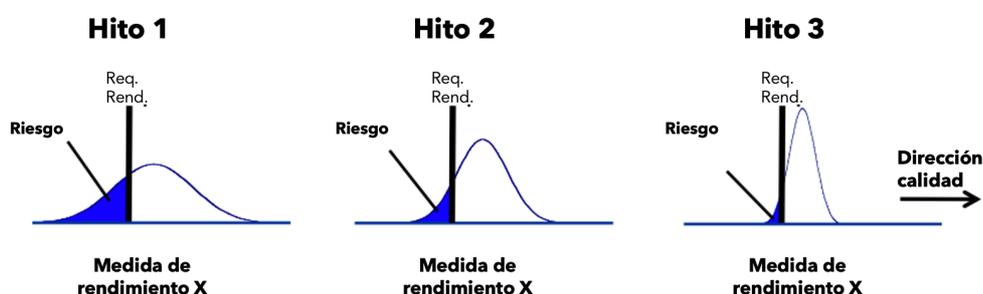


Figura 28. Disminución de la incertidumbre y el riesgo a lo largo del tiempo

Por ejemplo, al principio de un proyecto, si requiere el desarrollo de una nueva tecnología el riesgo de no cumplir con la fecha de lanzamiento requerida puede ser relativamente alto. En el momento en que se produzca la fecha de lanzamiento requerida, el RMP especificará que este riesgo debe disminuir hacia cero.

En otros casos, el responsable de la toma de decisiones puede pensar que los niveles de tolerancia deben mantenerse constantes o disminuir con el tiempo.

Dado que los requisitos de rendimiento se basan en el riesgo, pero se desarrollan fuera del proceso RIDM, es posible que sus valores difieran significativamente de los compromisos de rendimiento. Debido a ello, el proceso de análisis RIDM debe comprobar cómo se traduce dicha diferencia en los niveles iniciales de tolerancia al riesgo del programa. Se realizará una comparación entre los valores de los requisitos de desempeño y el RMP de las medidas de desempeño que se utilizaron por primera vez para establecer los compromisos de desempeño. Los niveles iniciales de tolerancia al riesgo que se ajustan a los requisitos de rendimiento se transmiten al CRM, junto con un cronograma para reducirlos.

En la siguiente figura se mostrará una serie de calendarios para reducir el riesgo. Cada requisito de desempeño se incluye en el RMP y se establece por el responsable de la toma de decisiones dentro de cada unidad organizativa. Las 3 categorías teóricas de tolerancia de riesgo que se muestran en los calendarios son: tolerable, marginal e intolerable. Sin embargo, los riesgos de rendimiento pueden comenzar en el rango marginal o incluso intolerable si difieren de los compromisos de rendimiento correspondientes al RIDM o si se descubren fuentes adicionales de riesgo durante la inicialización del CRM. Con el tiempo, los niveles de riesgo de rendimiento que inicialmente eran tolerables pueden volverse marginales e intolerables porque ya no reflejan el riesgo residual relacionado con el perfil de reducción del plan del proyecto.

**6.1.3.1 Objetivos alternativos de margen de rendimiento en hitos proyectados**

La tolerabilidad se puede describir en términos de márgenes de rendimiento en lugar de riesgos en ocasiones. Debido a que las organizaciones de diseño e ingeniería de sistemas están familiarizadas con la práctica de controlar los riesgos mediante el control de los márgenes (los márgenes se aplican a las medidas de rendimiento que son variables continuas), permitirá al responsable de la toma de decisiones esta flexibilidad también beneficia al proyecto.

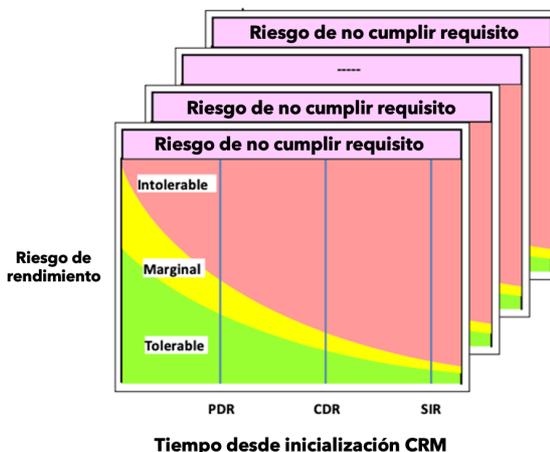


Figura 29. Calendarios de reducción del riesgo teórico para varios requisitos de rendimiento

En el ámbito del riesgo, cada margen de rendimiento es similar a una variable aleatoria con una distribución de incertidumbre. Las siguientes son una declaración común sobre la tolerabilidad del riesgo:

- La probabilidad de que el requisito de rendimiento X no se cumpla en un punto de decisión especificado durante el proyecto será inferior al 10%
- El margen para la medida de rendimiento X en un punto de decisión especificado durante el proyecto será mayor que y con un nivel de confianza del 90%.

Debe reconocerse que las dos afirmaciones son idénticas cuando  $y = 0$ .

El nivel de incertidumbre debe complementarse con el término “nivel de confianza”. En otras palabras, un nivel

de confianza del 90% equivale a una incertidumbre del 10% sobre si se puede alcanzar el margen mencionado.

Un método para establecer calendarios de agotamiento para los márgenes de rendimiento se muestra conceptualmente la siguiente figura. La principal diferencia entre esta figura y la anterior es que, aunque se permite que el margen disminuya a medida que el proyecto avanza, se espera que aumente el nivel de confianza asociado con el margen. Los umbrales de margen y el nivel de confianza se establecen en función del tiempo por el responsable en la toma de decisiones.

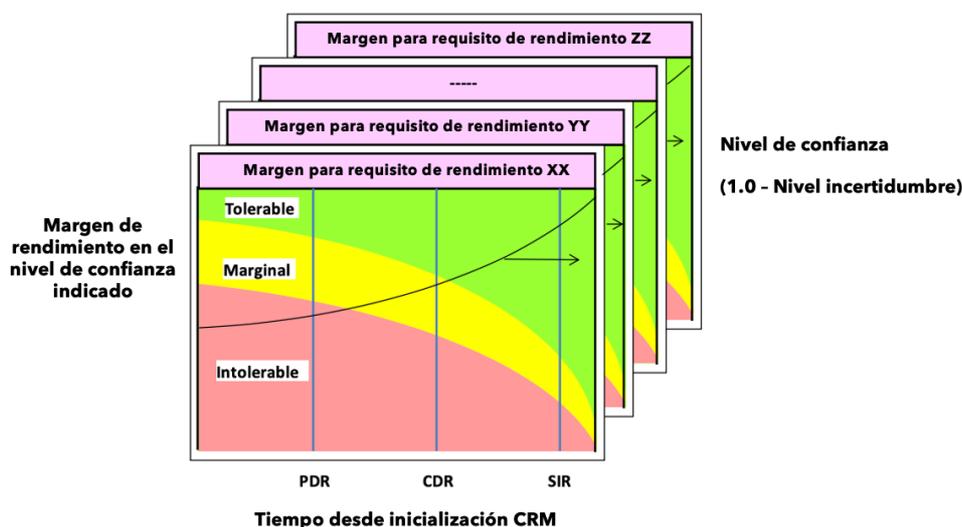


Figura 30. Planes teóricos de reducción de márgenes (reducción del riesgo) para varios márgenes de rendimiento

#### 6.1.4 Desarrollo de taxonomías de riesgo iniciales

Las taxonomías pueden ayudar a identificar riesgos que de otro modo pasarían desapercibidos, a clasificar los factores de riesgo, a definir alternativas de mitigación efectivas y a ayudar al proceso a distribuir adecuadamente los recursos entre las unidades organizativas. Una taxonomía es una estructura de clasificaciones de árboles que comienza con una clasificación global en la raíz y la divide en una serie de subclasificaciones en los nodos por debajo de la raíz. Este procedimiento se repite repetidamente en cada uno de los nodos hasta que se alcanza el nivel de especificidad de la categoría que se ha seleccionado.

## 5.2. El paso de identificación del CRM

El objetivo del paso de identificación del CRM es identificar los problemas que podrían obstaculizar el cumplimiento de los requisitos e incorporarlos al proceso de gestión de riesgos para que puedan abordarse rápidamente antes de que se conviertan en problemas. El proceso de gestión de riesgos comienza con el paso identificar, que recopila preocupaciones, las clasifica como riesgos específicos y las asigna a las unidades organizativas de la jerarquía de la organización que inicialmente se consideraron más adecuadas para gestionarlas.

Lo ideal es que cada miembro del personal de proyecto sea capaz de identificar los riesgos específicos. Para llamar la atención de la gestión de riesgos sobre los problemas que amenazan el éxito del proyecto, el acceso a la base de datos de riesgos debe ser igualmente gratuito. Diversas fuentes determinan los riesgos individuales, incluidos:

- El análisis básico de riesgos derivado de la actividad de análisis de riesgos RIDM
- La actividad de brainstorm de la taxonomía
- Implementación del proyecto
- Aportaciones de otras unidades organizativas

la siguiente figura muestra el paso de identificación del proceso CRM.

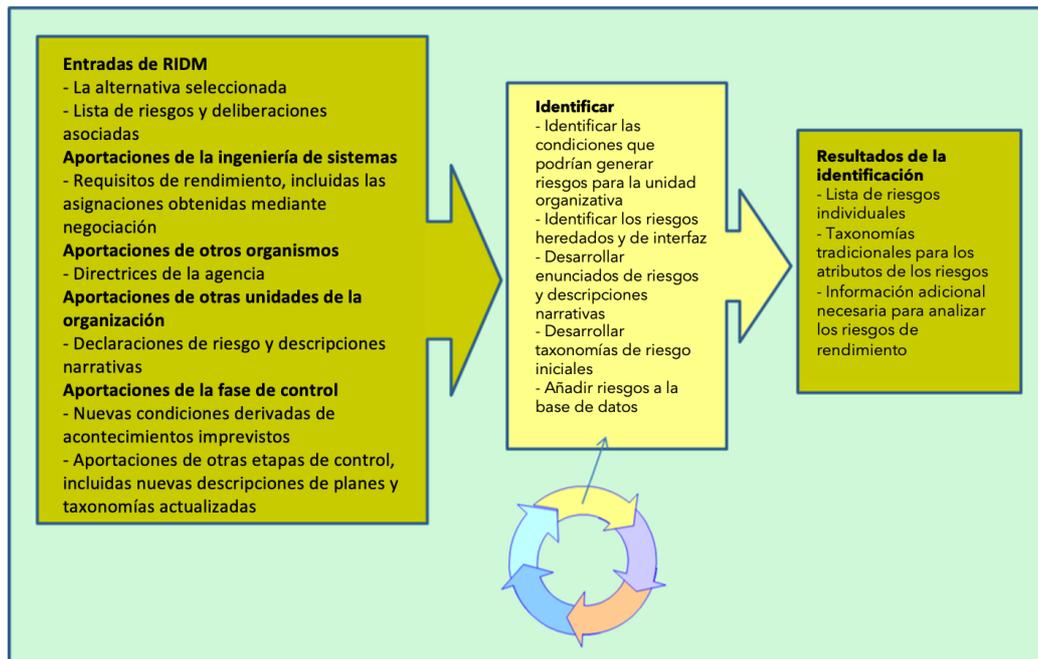


Figura 31. Paso Identificación proceso CRM

### 5.2.1. La estructura de un riesgo individual

La declaración de riesgo y la descripción narrativa son dos partes separadas de los riesgos individuales. El enunciado de riesgo es una descripción clara y organizada de la cuestión que preocupa al identificador de riesgos. El contexto del enunciado del riesgo se incluye en la descripción narrativa, que incluye las circunstancias, los acontecimientos y las relaciones dentro del proyecto que se relacionan con él.

#### 5.2.1.1. La declaración de riesgos

La declaración de riesgo tiene el siguiente formato:

“Dado que [CONDICIÓN], existe la posibilidad de que [SALIDA] afecte negativamente a [ACTIVO], provocando así [CONSECUENCIA]”.

Es responsabilidad del identificador de riesgos, en colaboración con el personal de gestión de riesgos si fuera necesario, crear la declaración de riesgos de condiciones, salidas, activos y consecuencias:

- Condición: esta describe un hecho importante actual. Para evitar que la base de datos de riesgo se convierta en un depósito de preocupaciones puramente especulativas, el aspecto basado en hechos de la condición ayuda fundamental el riesgo individual en la realidad. La condición es una prueba que respalda la preocupación, que el personal de gestión de riesgos puede evaluar de forma independiente y que puede ser útil para determinar una respuesta de gestión de riesgos adecuada durante cada paso del plan CRM.
- Salida: describe un posible cambio en el plan del proyecto fundamental. Es un evento no deseado que se vuelve más probable o creíble como resultado de la condición. La salida, a diferencia de la condición, es una declaración de lo que podría ocurrir en el futuro. La fuente de riesgo inicialmente identificada es la incertidumbre sobre la ocurrencia o no de la salida.
- Activo: es un componente de la cartera de la unidad organizativa. Representa el recurso principal que sufre las consecuencias del riesgo individual.

- Consecuencia: frase única que describe el efecto negativo previsible y creíble sobre la capacidad de la unidad organizativa para cumplir con sus requisitos de rendimiento. Debe explicar los efectos del incumplimiento de los requisitos, que se pueden medir, definir y caracterizar.

Normalmente, la declaración de riesgo es más corta pero este manual prefiere el formato más largo de la declaración de riesgo por dos razones:

- La separación del activo de la consecuencia facilita la construcción de taxonomías de riesgo y la identificación de la unidad organizativa responsable del riesgo.
- La separación de la salida de la consecuencia hace necesario tratar el riesgo individual como un escenario, donde la salida es un evento que debe ocurrir para que la consecuencia ocurra, y la consecuencia es la incapacidad de cumplir con un requisito de desempeño.

Para el proceso CRM, es fundamental que las declaraciones de riesgo se elaboren sin tener en cuenta las posibles migraciones u otras respuestas a riesgo que el identificador del riesgo pueda sugerir.

### 5.2.1.2. Validación de un riesgo individual

Para garantizar la validez de un riesgo individual, las 8 preguntas siguientes pueden utilizarse para guiar su redacción. Si la respuesta a alguna de las preguntas es negativa o desconocida, el riesgo no debe ser aceptado y el autor puede decidir volver a revisarlo o abandonar el esfuerzo.

1. ¿Comunica adecuadamente el riesgo individual la posible secuencia de acontecimientos que van desde la condición hasta el activo y la consecuencia, pasando por la salida?
2. ¿Se basa en el riesgo individual en la documentación pertinente o en los conocimientos individuales o del grupo?
3. ¿Implica el riesgo individual un cambio de plan base del programa/proyecto/ actividad para el que no existe un plan de contingencia adecuado?
4. ¿Es la condición objetivamente cierta y está respaldada con pruebas objetivas?
5. ¿Es posible la salida?
6. ¿El riesgo individual afecta al menos a un requisito de la organización/programa/proyecto/actividad que pueda medirse, describirse y caracterizarse objetivamente?
7. ¿Está redactada la consecuencia sin tener en cuenta las posibles mitigaciones?
8. ¿Es el riesgo factible?

La factibilidad de un riesgo depende de los supuestos actuales sobre financiación y otras restricciones. En caso de que se produzcan modificaciones significativas en los supuestos actuales, será necesario recurrir al proceso RIDM para determinar si es necesario alterar la identificación de opciones y la elección entre ellas.

Una vez que el autor ha completado e ingresado en la base de datos de riesgos, el personal de gestión de riesgos examina el riesgo individual utilizando las mismas 8 preguntas. Si la respuesta a alguna de estas preguntas es negativa o desconocida, el riesgo individual no se acepta como válido y se debe consultar al autor sobre su intención, para que pueda cambiar o rechazarse con una justificación adecuada. La siguiente figura muestra el procedimiento utilizado para introducir y validar un riesgo específico.

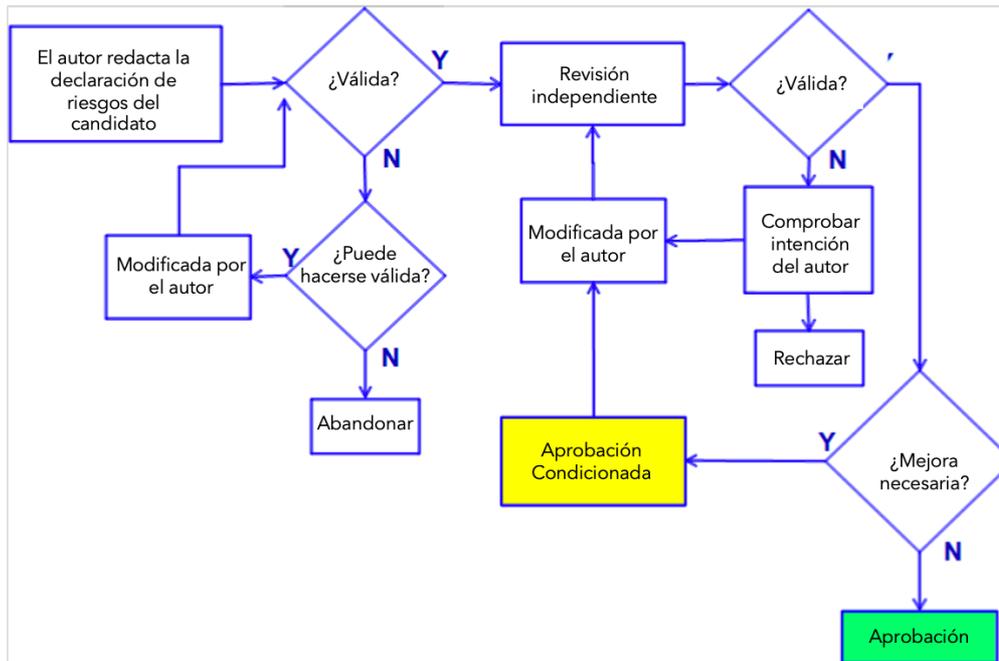


Figura 32. Generación y validación de un riesgo específico

### 5.2.1.3. Categorización taxonómica de los riesgos individuales

Las tres taxonomías que se utilizan en el proceso CRM son: una taxonomía de condiciones/salidas, una taxonomía de activos y una taxonomía de consecuencias. Se pueden identificar elementos comunes en diferentes cuestiones de riesgo clasificando cada elemento según la taxonomía apropiada. Una vez hecho esto, es posible desarrollar respuestas individuales que aborden simultáneamente todos o la mayoría de los elementos dentro de una categoría taxonómica específica al seleccionar una respuesta de gestión de riesgos adecuada para los riesgos identificados.

A medida que se identifican riesgos que sugieren revisiones de las categorías, las taxonomías están sujetas a modificaciones a lo largo del tiempo. Para garantizar que la taxonomía incluye todas las cuestiones de importancia, el proyecto debe interactuar con todas las unidades organizativas que lo componen.

La condición, la salida, el activo y la consecuencia deben clasificarse de acuerdo con la taxonomía de riesgos apropiada al incluir un riesgo específico en la base de datos de riesgos. La condición en la salida puede clasificarse según la taxonomía de salidas, el activo puede clasificarse según la taxonomía de activos y las consecuencias pueden clasificarse según la taxonomía de consecuencias. En cada caso, la taxonomía se introduce en la parte superior y luego se navega hacia niveles progresivamente inferiores para determinar cuál de los nodos del siguiente nivel inferior describe mejor el elemento que se va a categorizar. Este proceso se repite hasta que se alcanza el nivel más bajo o hasta que ninguno de los nodos del nivel inmediatamente inferior se aplica adecuadamente.

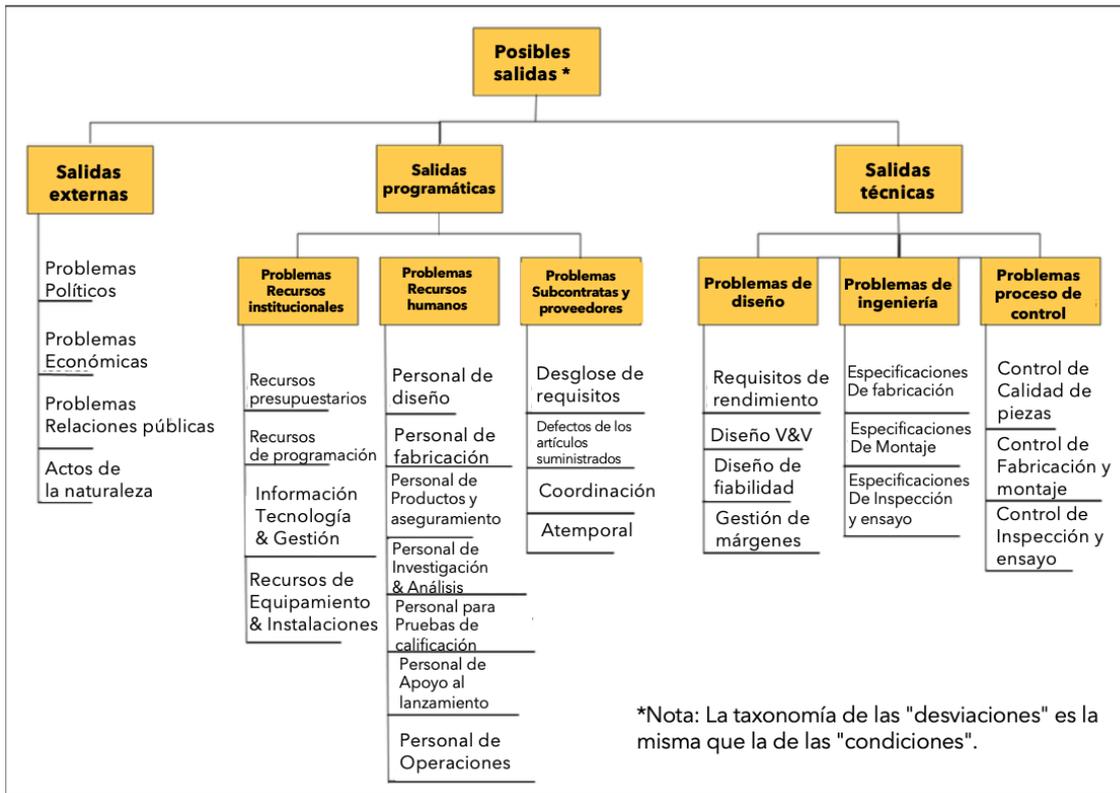


Figura 33. Ejemplo taxonomía de condición/salida

Las modificaciones de las taxonomías deben coordinarse entre todas las unidades de las partes interesadas y mantenerse uniformes en todas ellas porque se utilizan para comunicar las características de riesgo a todas las unidades pertinentes de la jerarquía de la organización.

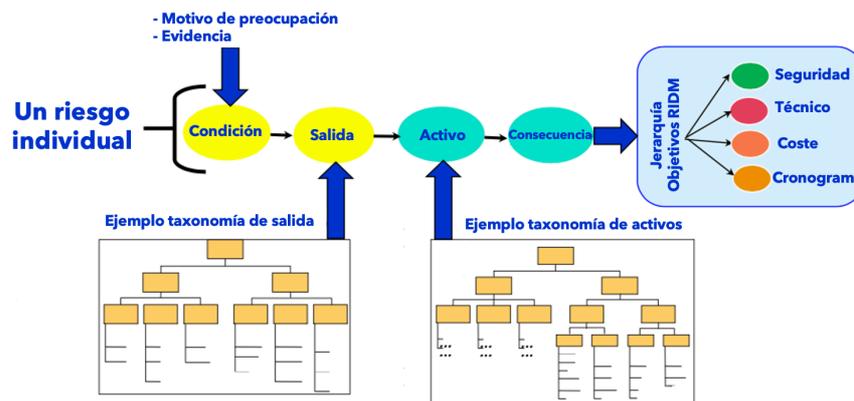


Figura 34. Estructura y taxonomías de la declaración de riesgos

### 5.2.1.4. La descripción narrativa

Aunque la declaración de riesgos proporciona una descripción concisa del riesgo individual, esta información no es necesariamente suficiente para captar toda la información que debe transmitir el identificador de riesgo. Para que se registre un contexto suficiente, se proporciona una descripción narrativa. La descripción narrativa no tiene formato y puede incluir:

- Circunstancias clave que rodean al riesgo
- Factores contribuyentes
- Incertidumbres
- Abanico de posibles consecuencias
- Cuestiones relacionadas como qué, dónde, cuándo y por qué.

La descripción narrativa también es un lugar en el que el identificador de riesgos puede sugerir o recomendar posibles mitigaciones u otras respuestas al riesgo que consideren más adecuadas

### 5.2.2. Fuentes de identificación de riesgos

Los riesgos individuales pueden identificarse en cualquier momento del ciclo de vida de un programa/proyecto y es un principio fundamental de la gestión continua de riesgos que el proceso de identificación de riesgos sea continuo. Se espera que las principales fuentes de identificación de riesgos sean:

- El análisis de riesgos inicial: se deriva del análisis de riesgos de la alternativa seleccionada que se desarrolló durante el proceso RIDM. El análisis de riesgos del RIDM se actualiza cuando se inicia el CRM para reflejar el riesgo con respecto a los requisitos de rendimiento. El resultado final es identificar los escenarios principales que contribuyen al riesgo de rendimiento, y estos escenarios deben registrarse como riesgos individuales.
- Las taxonomías de riesgo: pueden ser utilizadas como una herramienta específica del proyecto para el brainstorming, aunque varias técnicas pueden ser potencialmente aplicables al paso identificar del proceso CRM dependiendo de la naturaleza de la actividad. Cada combinación única de taxonomías puede utilizarse en forma de “qué pasaría” Para estructurar las sesiones de lluvia de ideas y estimular la reflexión.
- Condiciones que surgen durante la aplicación: pueden surgir condiciones que indiquen la presencia de riesgos a medida que avanza la aplicación. Entre las muchas fuentes potenciales de condiciones indicativas de riesgo se encuentran:
  1. Datos de la ingeniería de sistemas: estos datos se utilizan para verificar el progreso e identificar problemas que podrían comprometer el cumplimiento de un requisito de rendimiento, como limitaciones de costos y plazos. Cuando el valor de un parámetro cae fuera del rango esperado, se indica la necesidad de evaluar y tomar medidas para corregir el error.
  2. Datos de seguimiento de las respuestas de riesgo implementadas: las respuestas de riesgo de seguimiento, mitigación e investigación implican la especificación de datos que serán objeto de seguimiento para supervisar la implementación de la respuesta y evaluar su eficacia en el abordaje del riesgo de rendimiento. Cuando los datos de seguimiento del CRM no cumplen con las expectativas, se debe realizar una evaluación y tomar medidas.
  3. Comunicaciones inter organizativas: la información sobre riesgos se comparte entre las diversas organizaciones de gestión de riesgos dentro de la jerarquía de la organización en cada paso del proceso CRM. Esta información puede indicar riesgos que no habían sido identificados hasta entonces dentro de la unidad organizativa.
  4. Los riesgos se elevan desde los niveles más bajos de la organización: si una unidad de la jerarquía de la organización no puede manejar adecuadamente su riesgo de rendimiento, se puede elevar la gestión de su riesgo a una unidad del nivel inmediatamente superior de la jerarquía. Si esta situación no se ha incluido como riesgo en el nivel superior, se considera un riesgo individual.

5. Fuentes externas de riesgo: el paso identificar del proceso CRM identifica tales situaciones como riesgos individuales cuando las condiciones externas cambian de forma que afectan negativamente al riesgo de rendimiento.

- Replanteamiento de requisitos: como parte de un esfuerzo para reducir los riesgos en su nivel, es posible que la unidad en el nivel más alto de la jerarquía de la organización necesita revisar sus requisitos derivados. En este caso, los requisitos que van desde el nivel superior hasta el nivel actual se definen de forma negociada, lo que da como resultado un conjunto modificado de requisitos que se utiliza para evaluar el riesgo de rendimiento.

El resultado neto es que el análisis de riesgos requerirá un replanteamiento para reflejar el cambio, produciendo potencialmente un espectro de nuevos escenarios que deberían considerarse como riesgos individuales.

### 5.2.3. Defensa y apropiación del riesgo

No es necesario establecer una conexión entre la unidad individuo que identifica un riesgo y la organización responsable del riesgo de rendimiento afectado. Sin embargo, es esencial para la eficacia del proceso CRM que cada riesgo individual reciba el nivel adecuado de análisis para incorporarlo a los modelos integrados de riesgo de rendimiento, para ello se asignará a una persona que se encargue de ello. Esta persona garantiza que:

1. El riesgo individual cumple los criterios de riesgo y se registra correctamente en la base de datos de riesgos.
2. El riesgo individual recibe el nivel apropiado de análisis graduado de manera oportuna para que los efectos del riesgo individual se reflejen efectivamente en los modelos de riesgo de rendimiento pertinentes.
3. Las posibles respuestas identificadas por el iniciador del riesgo o descubiertas en el proceso de análisis se evalúan por su efecto sobre los impulsores del riesgo, y estas posibles acciones de mitigación y sus relaciones con los impulsores del riesgo se registran en la base de datos de riesgos para apoyar la planificación y el seguimiento.
4. El riesgo individual y su efecto sobre los riesgos de rendimiento se comunicarán oportunamente a la Junta de riesgos.
5. El cierre del riesgo individual se produce de acuerdo con la decisión de la Junta de riesgos.

Está encargado no se encarga de asegurarse de que el riesgo se integre adecuadamente en el proceso de gestión de riesgos y tampoco es responsable de garantizar que el riesgo individual se reduzca hasta un nivel aceptable.

## 5.3 Paso Analizar

El paso analizar del proceso CRM adopta una perspectiva de riesgo de rendimiento o acumulativa. Para llevar a cabo esta función de forma eficaz, se divide en dos partes, denominadas análisis de vista rápida y análisis de enfoque gradual.

El objetivo de la fase de análisis rápido es obtener una clasificación temprana de la importancia de cada riesgo en relación con los requisitos de rendimiento. La importancia táctica y estrategia son dos medidas de importancia.

La lista táctica organiza los riesgos en función de la urgencia de implementar una respuesta a corto plazo. En general, se trata de cuestiones de riesgo que pueden hacer que un riesgo de rendimiento agregado pase de tolerable a marginal o intolerable, y para las que solo hay un tiempo limitado para establecer una respuesta efectiva de gestión de riesgos. Esta lista sirve como base para comenzar a desarrollar respuestas a corto plazo en el paso del plan del proceso CRM.

La lista estratégica organiza los riesgos en función de su relevancia para la realización de análisis más exhaustivos. Se trata de cuestiones de riesgo que no solo pueden hacer que un riesgo de rendimiento cambie a un estado menos tolerable, sino que también tienen características particulares que hacen que su probabilidad y/o gravedad sean inherentemente inciertas. Esta lista sirve como base para priorizar el nivel de detalle que debe perseguirse para realizar un análisis más detallado de sus efectos sobre los riesgos de rendimiento agregado.

La etapa de análisis del enfoque gradual tiene como objetivo identificar los factores de riesgo. Se trata de aspectos particulares que, debido a la incertidumbre que conllevan, reducen el riesgo de rendimiento. En el paso del plan del proceso CRM, los factores de riesgo se utilizan para idear respuestas de investigación y/o mitigación que aborden las necesidades de gestión de riesgos estratégicas o a largo plazo.

El rigor del análisis solo debe ser suficiente para apoyar una toma de decisiones sólida con respecto a la priorización de los problemas de riesgo, la generación de respuestas de riesgo candidatas y la toma de decisiones sólida entre las alternativas identificadas, que es un aspecto crucial del caso analizar el enfoque gradual. Se espera que durante la etapa de análisis, las partes interesadas se comuniquen y discutan continuamente, tanto dentro como entre los stakeholders, para apoyar la generación de selección simultáneas de opciones de respuesta al riesgo.

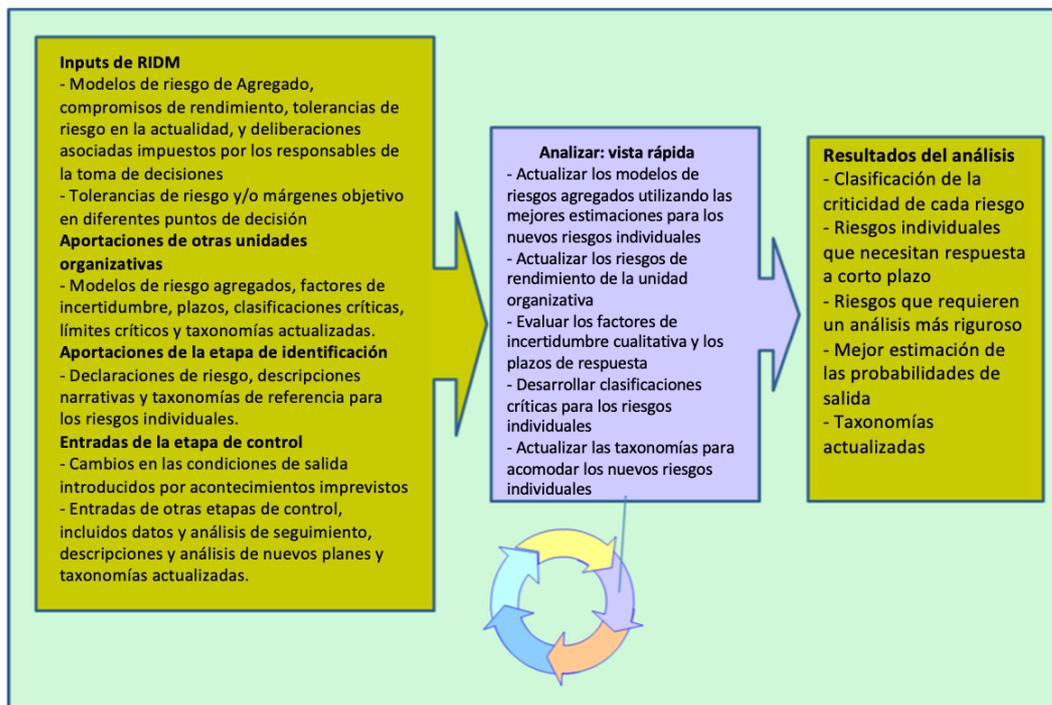


Figura 35 Esquema paso Analizar

### 5.3.1. Introducción al análisis gradual y al uso de diagramas de escenarios de riesgo en CRM

La necesidad de un enfoque graduado se pone de manifiesto en las dos citas siguientes del NPR 8000.4A:

- Los recursos y la profundidad del análisis deben ser proporcionales a lo que está en juegos y a la complejidad del riesgo que se aborda.
- Es requisito de tener en cuenta la incertidumbre debe aplicarse de forma gradual. Si se puede demostrar que la incertidumbre es pequeña basándose en un análisis simplificado y las estimaciones puntuales de las medidas de rendimiento implican claramente una decisión que no cambiaría con nueva información, entonces no es necesario un análisis detallado de la incertidumbre. En caso contrario, es necesario realizar algún análisis de incertidumbre.

Basándose en estas directrices, este manual examina el uso de un método graduado para evaluar los riesgos de

rendimiento del RIDM. El CRM se utilizará durante este proceso, pero hay consideraciones adicionales:

1. El nivel de detalle que debe aplicarse al desarrollo de escenarios que puedan resultar en deficiencias de rendimiento
2. La rigurosidad utilizada en la modelización de incertidumbres al analizar las probabilidades de los sucesos que componen dichos escenarios.

Estos factores son particularmente cruciales para el CRM porque:

- A menudo es importante conocer los detalles de los escenarios más importantes para diseñar las estrategias de mitigación más eficaces
- Los escenarios más significativos que surgen de un problema de riesgo identificado son a veces diferentes de los que se consideran más significativos en el momento que se identifica por primera vez el problema de riesgo.
- La importancia de un escenario en relación con un riesgo de rendimiento depende a menudo en gran medida de la incertidumbre sobre su probabilidad de ocurrencia.

Las siguientes consideraciones sugieren la necesidad de ampliar el enfoque graduado, los medios para implementarlos incluirán en dos componentes de los procesos utilizados para desarrollar y evaluar escenarios:

- La escala en la formulación de los escenarios se tratará en los diagramas de escenarios de riesgo y en el nivel de detalle que contengan
- La escala en la cuantificación de los escenarios se manejará dentro de los cálculos de las probabilidades de los sucesos dentro de los escenarios de riesgo.

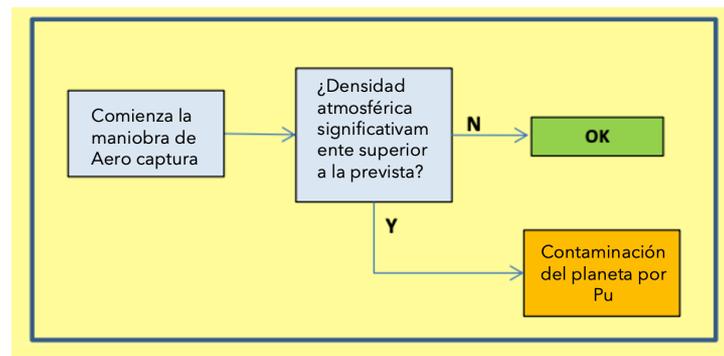


Figura 36. Ejemplo escenario de riesgo

### 5.3.2. Resumen paso Analizar

La tarea principal de la fase de análisis rápido es obtener dos clasificaciones iniciales para cada riesgo: una clasificación de criticidad a corto plazo y una clasificación de criticidad a largo plazo. La clasificación a corto plazo sirve como base para determinar si es necesario un plan de acción táctica rápida a corto plazo para reducir el riesgo individual. La clasificación de la criticidad a largo plazo proporciona las bases para determinar el nivel de detalle necesario más adelante en el modelado de este riesgo individual, para apoyar la formulación de un plan de respuesta estratégica global.

La derivación de dos clasificaciones de criticidad para cada riesgo individual se basa en la realización de una evaluación de tres atributos del riesgo, denominados:

- Atributo de criticidad de probabilidad y gravedad.
- Atributo de criticidad de incertidumbre.

- Atributo de criticidad de Marco temporal.

Estos atributos se fusionan en las dos clasificaciones generales de criticidad utilizando un enfoque de Pareto:

- Atributo de criticidad de probabilidad y gravedad: probabilidad de que el riesgo individual pueda causar que uno o más riesgos de rendimiento sobrepasen uno o más umbrales de tolerabilidad
- Atributo de criticidad de la incertidumbre: el grado en que determinados factores cualitativos de incertidumbre son inherentes al riesgo individual
- Atributo de criticidad del marco temporal: la cantidad de tiempo disponible antes de que deba iniciarse una respuesta.
- Clasificación de la criticidad a corto plazo: clasificación basada en la combinación de los tres atributos de criticidad en el siguiente orden: plazo, probabilidad e incertidumbre.
- Clasificación de la criticidad a largo plazo: clasificación basada en la combinación de los tres atributos de criticidad en el siguiente orden: probabilidad, incertidumbre y plazo.

### 5.3.2.1. Clasificación de la probabilidad y la gravedad

La criticidad de la probabilidad y gravedad de un riesgo individual recién identificados se basa en la evaluación de si el riesgo individual provoca o no que un riesgo de rendimiento relevante o aumente por encima del umbral de tolerabilidad en cualquier punto de decisión a lo largo de la línea de tiempo de proyecto. Si la métrica de rendimiento que se utiliza para evaluar el riesgo de rendimiento es la misma que se utiliza para la evaluar el atributo de probabilidad y gravedad, el método para hacerlo depende en parte de:

- Métrica de rendimiento discreta: se define en términos de un número finito, normalmente un pequeño, de resultados posibles.
- Métrica de rendimiento continua: se define en una escala continua teniendo un número infinito de resultados posibles.

#### 5.3.2.1.1. Métricas de rendimiento discretas

Las siguientes son las tareas necesarias para realizar una evaluación rápida del atributo de criticidad de probabilidad y severidad cuando la métrica de desempeño es discreta:

- Antes de incluir los efectos del riesgo individual, consultar los resultados de las evaluaciones actuales del riesgo de rendimiento para obtener un valor previo de riesgo de rendimiento que se relaciona con el nuevo riesgo individual.
- Obtener las mejores predicciones sobre la probabilidad de que un nuevo riesgo individual salga y la probabilidad de que no se cumpla el requisito de rendimiento si ocurre la salida.
- Comparar el valor del riesgo de rendimiento anterior y el valor actualizado con los umbrales de tolerabilidad del riesgo proporcionados por el responsable de la toma de decisiones en cada punto de decisión.
- Clasificar el atributo de criticidad de probabilidad y gravedad como verde amarillo o rojo en función de cómo el riesgo individual hace que el riesgo de rendimiento cruce 1 o más umbrales.

Los datos deben aplicarse de la siguiente manera para realizar un mejor análisis de estimación:

- Utilizar datos específicos del proyecto como primera opción.
- Utilizar datos relevantes de otros proyectos como segunda opción.

- Utilizar datos indirectos o sustitutos como tercera opción.
- Resolver los resultados contradictorios recurriendo a la opinión de expertos.

En ocasiones, es conveniente usar un modelo con parámetros para estimar la probabilidad de que ocurra el evento de salida y la probabilidad de que no se cumpla el requisito de salida.

#### 5.3.2.1.2. Métricas de rendimiento continuas

Cuando la métrica de rendimiento es continua, las tareas requeridas para realizar una evaluación rápida del atributo de probabilidad y gravedad son ligeramente diferentes de cuando la métrica es discreta:

- Acceder a los resultados de las evaluaciones de riesgo de rendimiento actuales para obtener la función de distribución de probabilidad que a priori se ve afectada por el nuevo riesgo individual.
- Obtener dos o más estimaciones de cuál sería la métrica de rendimiento si el evento de salida del nuevo riesgo individual ocurriera realmente.
- Estimar cómo sería la distribución de probabilidad de la métrica de rendimiento actualizadas basándose en las dos o más estimaciones puntuales.
- Comparar el valor anterior del riesgo de rendimiento y el valor actualizado con los umbrales de tolerabilidad del riesgo proporcionados por el encargado de la toma de decisiones en cada punto de decisión.
- Clasificar el atributo de criticidad de probabilidad y gravedad como verde, amarillo o rojo en función de cómo el riesgo individual hace que el riesgo de rendimiento cruce 1 o más umbrales, utilizando reglas acordadas

La elección de qué método usar implica un compromiso entre la cantidad de fidelidad necesaria y el tiempo que se tarda en realizar el análisis.

#### 5.3.2.2. Clasificación de la incertidumbre

Las incertidumbres se consideran en esta fase del análisis como un conjunto de factores cualitativos o subjetivos. Estos factores tienen como objetivo capturar las características generales del riesgo que se espera que contribuyan a la incertidumbre, aunque aún no se ha determinado la cantidad precisa de incertidumbre relacionado con cada factor para el riesgo particular, el proyecto establece los factores a tener en cuenta en el RMP (Risk Management Plan).

Se harán una serie de preguntas según los factores a tener en cuenta, los cuales, cualquier unidad organizativa afectada por el riesgo individual decidirá cómo clasificar la característica de criticidad de la incertidumbre. Podrían utilizarse criterios como los siguientes:

- Clasificar el atributo de incertidumbre como “rojo” si dos o más de los atributos de incertidumbre reciben la respuesta “sí”.
- Clasificar como “amarillo” si se responde “sí” a uno de los atributos de incertidumbre y “no” a los demás.
- Clasificar como “verde” si todos los atributos de incertidumbre responden “no”.

#### 5.3.2.3. Clasificación temporal

Según la cantidad mínima de tiempo que debe pasar antes de que el suceso de salida pueda ocurrir plausiblemente, el marco temporal de un riesgo individual se denomina a corto, medio o largo plazo. La clasificación de la criticidad del marco temporal se basa en los siguientes criterios:

- Un riesgo individual es a corto plazo (rojo) si el tiempo mínimo para que se produzca el suceso de salida es inferior o aproximadamente igual al tiempo mínimo estimado que se tardaría en idear y aplicar un plan de mitigación.
- Un riesgo individual es a medio plazo (amarillo) si el tiempo mínimo para el evento de salida es mayor que el tiempo mínimo estimado y menor que el tiempo máximo estimado que llevaría implementar un plan de mitigación.
- Un riesgo individual es a largo plazo (Verde) si el tiempo mínimo para el evento de salida es mayor o casi igual que el tiempo máximo estimado que llevaría idear y aplicar un plan de mitigación.

**5.3.2.4. Clasificación de criticidad a corto plazo (táctica)**

A corto plazo, se espera que sirva como herramienta para determinar si los riesgos individuales requieren una respuesta inmediata. Debido a que se enfoca en reducir el riesgo individual antes de que se pierda la oportunidad de hacerlo, esta respuesta se conoce como táctica.

El plazo, la probabilidad y gravedad y la incertidumbre son los criterios para la clasificación táctica. Debido a que las categorías de la parte inferior no son tan importantes como las de la parte superior, algunas de las categorías más bajas pueden eliminarse sin perder su utilidad.

Ranking Táctico	Marco temporal	Afinidad y Severidad	Incertidumbre
1	Red	Red	Red
2	Red	Red	Yellow
3	Red	Red	Green
4	Red	Yellow	Red
5	Red	Yellow	Yellow
6	Red	Yellow	Green
7	Red	Green	Red
8	Red	Green	Yellow
9	Red	Green	Green
10	Yellow	Red	Red
11	Yellow	Red	Yellow
12	Yellow	Red	Green
13	Yellow	Yellow	Red
14	Yellow	Yellow	Yellow
15	Yellow	Yellow	Green
16	Yellow	Green	Red
17	Yellow	Green	Yellow
18	Yellow	Green	Green
19	Green	Red	Red
20	Green	Red	Yellow
21	Green	Red	Green
22	Green	Yellow	Red
23	Green	Yellow	Yellow
24	Green	Yellow	Green
25	Green	Green	Red
26	Green	Green	Yellow
27	Green	Green	Green

Ranking Táctico	Marco temporal	Afinidad y Severidad	Incertidumbre
1	Red	Red	Red
2	Red	Red	Yellow
3	Red	Red	Green
4	Red	Yellow	Red
5	Red	Yellow	Yellow
6	Red	Yellow	Green
7	Red	Green	Red
8	Red	Green	Yellow
9	Red	Green	Green
10	Yellow	Red	Red
11	Yellow	Red	Not Red
12	Yellow	Yellow	Red
13	Yellow	Yellow	Not Red
14	Yellow	Green	Red
15	Yellow	Green	Not Red
16	Green	Red	Any
17	Green	Yellow	Any
18	Green	Green	Any

Figura 37. Condensación de la clasificación de criticidad táctica

**5.3.2.4.1. Uso de la criticidad a corto plazo para determinar las prioridades de respuesta**

Cualquier clasificación táctica con un plazo rojo amarillo es candidata a una respuesta rápida, pero el orden de urgencia determina el rango específico dentro de ese grupo. Dónde está ese límite es determinado por el responsable de la toma de decisiones de cada unidad organizativa. La determinación de la ubicación del límite se verá influenciada por la cantidad total de riesgos individuales que deben abordarse a corto plazo por razones

prácticas.

Para los riesgos de rango táctico en los que la falta de recursos impide una respuesta inmediata, existen varias opciones:

- Pueden asignarse recursos adicionales a una unidad organizativa específica dentro del proyecto, programa u organización.
- El riesgo individual puede elevarse a un nivel organizativo superior con más recursos.
- Hasta que se dispongan de recursos en la unidad organizativa responsable, se puede detener la respuesta al riesgo individual

### **5.3.2.5. Clasificación de la criticidad a largo plazo**

El objetivo de esta clasificación es determinar el nivel de rigor requerido para modelar cada riesgo específico dentro del modelo de riesgo de rendimiento agregado. Esta se crea dividiendo las combinaciones posibles de categorías de características de criticidad en el siguiente orden: probabilidad y gravedad, incertidumbre y calendario.

#### **5.3.2.5.1. Uso de la criticidad a largo plazo para tomar las decisiones de análisis graduado**

Cualquier clasificación estratégica que implique una probabilidad roja o amarilla es candidata para una modelización más detallada del impacto del riesgo individual sobre el riesgo de rendimiento agregado. Sin embargo, al igual que en el caso de los riesgos tácticos, el rango específico dentro de ese grupo dicta el nivel de modelización.

En la práctica, el responsable de la toma de decisiones para cada unidad organizativa determina un rango límite por debajo del cual se considera suficiente el análisis de la mejor estimación rápida y no se requiere duda modelización más detallada. El nivel de clasificación depende del número de riesgos de los que es responsable la unidad organizativa y de cuántos riesgos pueden modelarse razonablemente con más detalle utilizando los recursos disponibles.

### **5.3.2.6. Relación entre las clasificaciones de criticidad y la matriz de riesgos**

La visualización de una matriz puede utilizarse de manera selectiva y cuidadosa como herramienta de comunicación simple y complementaria para proporcionar una visión resumida de la importancia relativa de los riesgos individuales.

Las siguientes cuatro limitaciones están presentes en la matriz de riesgos:

1. No tienen la capacidad de gestionar los riesgos agregados
2. No se considera la relación entre los riesgos individuales, la matriz recibe cada riesgo de manera independiente.
3. No pueden mostrar incertidumbres, pese a que un riesgo se encuentra dentro de un intervalo de probabilidad conocida.
4. Existe un equilibrio estable entre la probabilidad y la consecuencia

Para evitar la posibilidad de obtener resultados engañosos a rellenar una matriz de riesgos, es esencial que las entradas de la matriz se basen en un proceso racional, objetivo y defendible. Dado que las clasificaciones de criticidad se basan en estos 3 atributos se puede afirmar que la propia matriz tiene estas propiedades si se basa en las clasificaciones de criticidad.

El proceso para derivar las clasificaciones de criticidad a riesgos individuales corrige las cuatro limitaciones citadas anteriormente de la siguiente manera:

1. El grado en el que el riesgo agregado afectado cambia de tolerable a intolerable en función de la probabilidad un nuevo riesgo individual está contenido en él atributo de criticidad de probabilidad y gravedad.
2. Las interacciones entre los riesgos individuales se tienen en cuenta en él atributo de probabilidad y gravedad.
3. Las incertidumbres se contabilizan dentro del atributo de criticidad de la incertidumbre, que consulta a un conjunto de factores cualitativos que son indicadores de ello.
4. Las clasificaciones de criticidad responden al contexto del programa, ya que dependen de las tolerancias de riesgo proporcionadas por los responsables de la toma de decisiones.

Por lo tanto, solo los riesgos individuales deben aparecer dentro de las regiones verde, amarilla y roja en el mismo orden que se obtuvieron de la clasificación de criticidad para que la matriz sea coherente. Indicando que las celdas de la matriz y los rankings de criticidad deben corresponderse

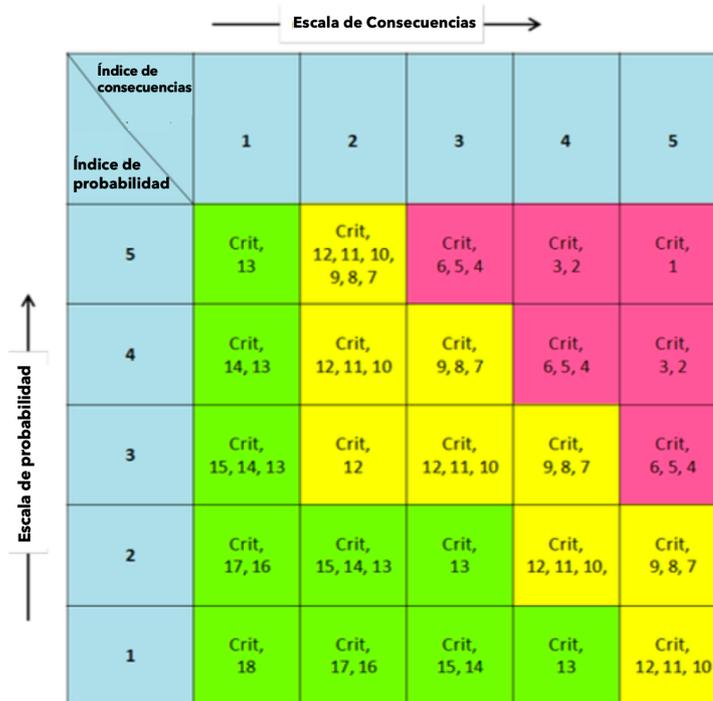


Figura 38. Ejemplo matriz de riesgo

### 5.3.3. Enfoque gradual paso Analizar

En contraste con el análisis a corto plazo, el análisis de enfoque graduado tiene como objetivo adoptar una visión estratégica a más largo plazo de los riesgos de rendimiento agregados. Durante este paso se deben realizar las siguientes tres tareas:

- Actualizar la modelización y el análisis de cada riesgo de rendimiento para incluir todos los nuevos riesgos individuales, incluidos los que se consideran que no requieren un análisis detallado.
- Aumentar la solidez de la modelización de riesgos individuales que tengan un rango de criticidad estratégica lo suficientemente alto como para justificarlo sin exceder los recursos disponibles.

- Determinar los parámetros de rendimiento y/o los acontecimientos importantes que más influyen en cada riesgo de rendimiento debido a su importancia para el modelo y la magnitud de sus incertidumbres

### 5.3.3.1. Desarrollo de diagramas de escenarios de riesgo (RSDs)

Los RSD son la base para un análisis más riguroso de los riesgos que están por encima del rango de la criticidad estratégica de corte. Son particularmente útiles para identificar a escenarios importantes que de otro modo podrían pasarse por alto. Aunque no son necesarios para llevar a cabo la modelización más detallada del análisis de riesgos, sirven como medio para garantizar que los modelos cubren todos y los elementos críticos del riesgo.

Los RSD más sencillos difieren de los más complejos en varios aspectos (por ejemplo, suelen contener múltiples acontecimientos fundamentales).

en esta etapa del CRM, el objetivo de los RSD es identificar las consecuencias potenciales y las rutas que puedan conducir a ellas, pero no cuantificarlas. Se mantienen intencionadamente simples para facilitar el desarrollo de escenarios y brindar una visualización clara de la secuencia de acontecimientos que conducen a las consecuencias. Por lo tanto, si puede deducirse, no es necesario que todos los caminos se muestren de manera distinta en el RSD.

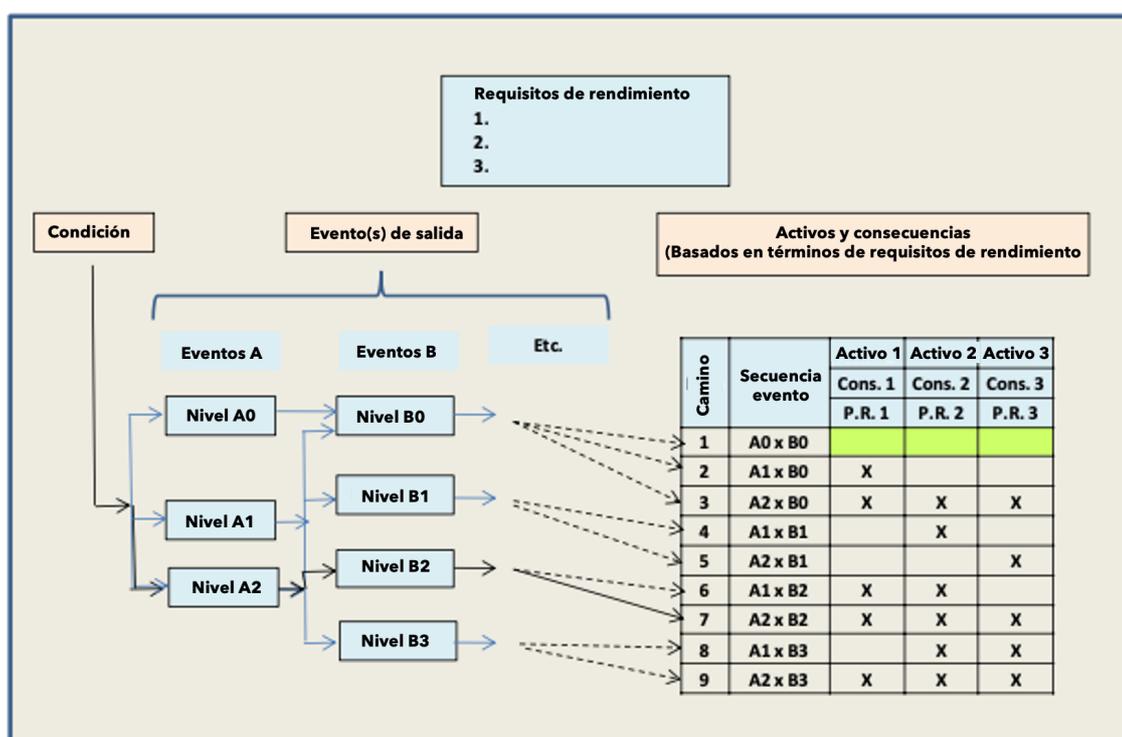


Figura 39. Formato de para que un RSD muestre los efectos de cada itinerario en los requisitos de rendimiento de la unidad organizativa

#### 5.3.3.1.1. Riesgos transversales

Un riesgo transversal es un riesgo individual, con atributos e impactos encontrados en múltiples niveles de la organización o en múltiples organizaciones dentro del mismo nivel.

Generalmente, los elementos de riesgo que lo hacen transversal son la condición y/o salida. Es crucial determinar si un peligro individual es transversal debido a:

- Su impacto total en el riesgo de rendimiento es función de su alcance en todas las unidades organizativas.

- Las decisiones relativas a su gestión se toman más eficazmente a un nivel que abarque su alcance en todas las unidades organizativas.

El carácter transversal de un riesgo específico se puede determinar mejor por una unidad organizativa en un nivel superior al nivel en el que se identificó por primera vez. Por lo tanto, la determinación de que un peligro individual es transversal depende de los protocolos de identificación, análisis, planificación y comunicación que proporcionan información que respalda.

Las taxonomías de salida y bienes son útiles para identificar estos riesgos. Las taxonomías de salida pueden clasificar los riesgos individuales en grupos de riesgos afectados por eventos de salida comunes, mientras que las taxonomías de bienes pueden organizar la suposición de los riesgos individuales reportados sobre otros bienes dentro del ámbito de una organización.

Es esencial que se comunica la información relevante sobre el riesgo a cada unidad cuando este es transversal y afecta a varias unidades organizativas. Esto se hace para que todas las unidades afectadas puedan partir de la misma base y elaborar análisis coherentes que traten el riesgo con una vulnerabilidad común.

5.3.3.1.2. Incorporación de diagramas de escenarios de riesgo de otras unidades organizativas

Cuando varias unidades organizativas tienen riesgos que emanan de la misma condición y dependen, al menos en parte, del mismo evento de partida, es importante que estas unidades organizativas sean conscientes de este carácter común. En cuanto a los RSDs elaborados por las distintas organizaciones, el objetivo final es que sean coherentes y estén unificados en las áreas en las que son transversales. De este modo, el conjunto de diagramas elaborados en el marco del proyecto constituye una representación integrada y coherente de cómo cada riesgo transversal afecta a cada unidad organizativa. Este concepto se ilustra esquemáticamente en la siguiente figura:

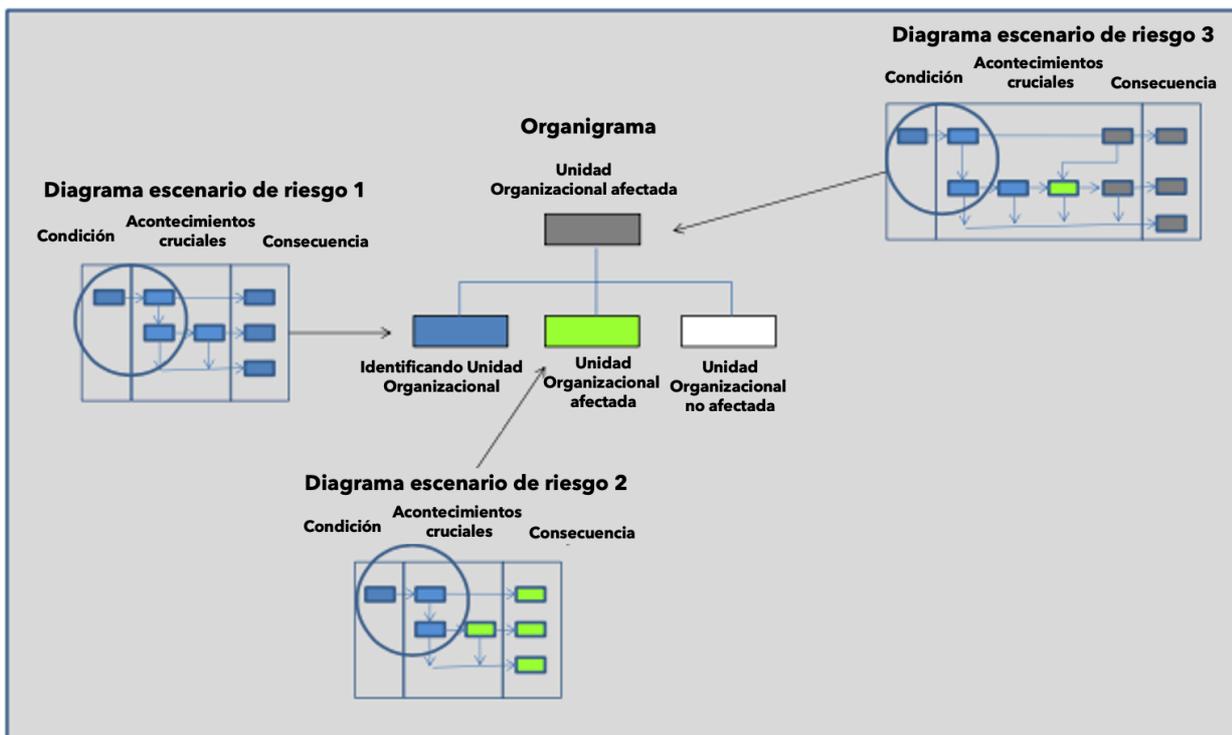


Figura 40. Interconexión de diagramas de escenarios de riesgo para distintas unidades organizativas

5.3.3.2. Actualización de los modelos de riesgo de rendimiento y cálculo del riesgo de rendimiento

El método utilizado para integrar los riesgos individuales en un modelo agregado para evaluar los riesgos de rendimiento es el mismo que se describió anteriormente.

Para los casos en que la clasificación de criticidad estratégica del riesgo individual sea alta, será necesario incluir la lógica desarrollada en los nuevos RSDs en el marco y los modelos de análisis de riesgos. Además, será necesario considerar las interacciones o duplicidades entre los eventos en los escenarios nuevos y existentes.

En lo que respecta a las distribuciones de los parámetros de entrada, algunas de las probabilidades de sucesos fundamentales se obtendrán a partir de modelos en lugar de estimaciones de la experiencia. Se agregarán nuevos parámetros de rendimiento a los modelos según sea necesario para caracterizar las probabilidades de sucesos fundamentales. Si la criticidad estratégica del riesgo individual es baja, se pueden utilizar las mejores estimaciones o las estimaciones límite para estos parámetros de rendimiento, aunque haya incertidumbre asociada con ellos. Sin embargo, si hay una alta criticidad, será necesario obtener distribuciones de probabilidad para estos parámetros de desempeño.

En cuanto a los valores de las medidas de rendimiento obtenidos de la simulación utilizando los nuevos modelos y distribuciones de parámetros desarrollados, estos valores tendrán que cuantificarse para cada punto de decisión durante el proyecto y compararse con las tolerancias de riesgo proporcionadas por el responsable de la toma de decisiones en cada punto de decisión.

### 5.3.3.3. Determinación de los impulsores de riesgo

Una vez creados y ejecutados los modelos de riesgo de rendimiento, se realiza un análisis de sensibilidad para determinar los impulsores del riesgo. El propósito de determinar los factores de riesgo no es determinar la urgencia de los riesgos individuales o el nivel de detalle que debe aplicarse a cada riesgo individual, sino que, es ayudar a desarrollar opciones de respuesta de planificación.

Hay una variedad de clasificaciones de factores de riesgo. Un factor de riesgo puede ser un parámetro del modelo que determina la probabilidad de que ocurra un evento importante. Del mismo modo, si su probabilidad se evalúa sin utilizar un modelo paramétrico, el propio acontecimiento crucial puede ser un factor de riesgo. A su vez, si un diagrama de escenarios de riesgo no muestra una desviación en la declaración de riesgo que se amplía a sucesos importantes, la desviación puede ser un impulsor de riesgo.

En ocasiones, la identificación de factores de riesgo puede requerir dos o más etapas. En primer lugar, cada parámetro, evento importante o desviación se analiza individualmente para determinar si constituye un factor de riesgo por sí solo. Si este proceso no puede identificar ningún factor, se consideran las combinaciones de parámetros, eventos importantes y/o desviaciones.

Las siguientes tareas describen un método para determinar los impulsores de riesgo:

- A partir del rango de incertidumbre estimado para cada parámetro de rendimiento, probabilidad de evento crucial y/o probabilidad de salida, especificar qué se consideraría un valor optimista.
- Evaluar cuál sería el valor del riesgo de rendimiento agregados y un parámetro de rendimiento, probabilidad de eventos central y/o probabilidad de venta de salida se colocará en su valor optimista mientras que todos los demás se mantienen sin cambios.
- Comparar este valor de riesgo de rendimiento con el valor obtenido antes de realizar el único cambio descrito anteriormente.
- Designar el parámetro, el evento importante hola salida como impulsor si el cambio único hace que el riesgo de rendimiento cruce 1 o más umbrales de tolerabilidad.

En caso de que no se identifique impulsores individuales para un riesgo de rendimiento que sea amarillo o rojo, habrá que realizar las siguientes tareas:

- Partiendo del análisis anterior, determinar los principales parámetros, eventos importantes y/o desviaciones que tienen el mayor efecto sobre el riesgo de rendimiento. Los establecemos en sus valores optimistas mientras los demás permanecen sin cambios y repetimos las tareas anteriores. Si el riesgo de rendimiento supera 1 o varios umbrales de tolerabilidad, designe la combinación de los dos parámetros como factor de riesgo.

- Si es necesario, hay que buscar combinaciones de orden superior hasta que el riesgo de rendimiento supere un umbral de tolerabilidad.

## 5.4. Paso Plan

El paso plan del proceso CRM aborda las medidas que deben adoptarse para hacer frente al riesgo del rendimiento de una actividad, existen dos vías principales:

- El camino que parte del análisis táctico de riesgos individuales, que puede identificar un riesgo individual crítico que necesita una respuesta rápida debido a la corta ventana de oportunidad para gestionarlo.
- El camino que parte del análisis de riesgos en profundidad estratégico de toda la actividad, utilizando el modelo de riesgo actual para identificar los factores de riesgo que más contribuyen al riesgo de rendimiento.

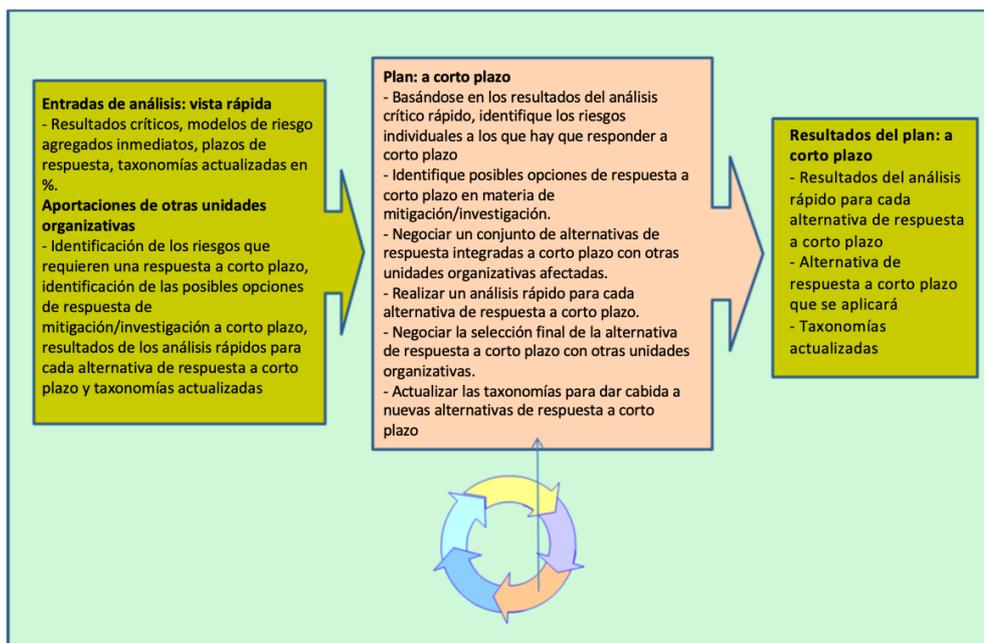


Figura 41. Plan según respuesta táctica

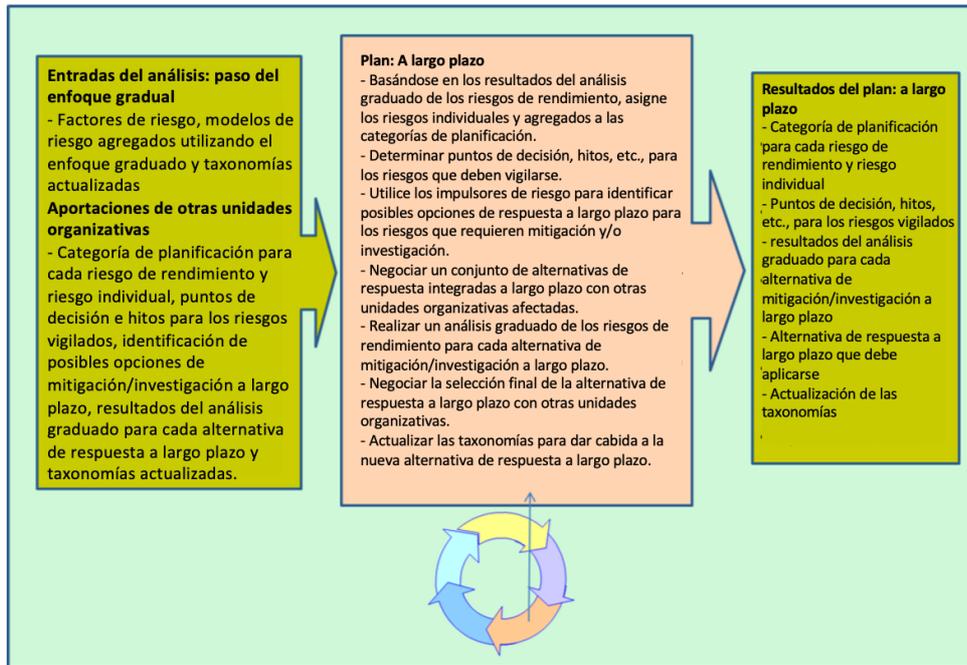


Figura 42. Plan según respuesta estratégica

Tanto para la dimensión táctica como para la estratégica, se producen las mismas cuatro tareas básicas. Estas tareas consisten en crear un conjunto de opciones potenciales de respuesta a riesgo, realizar un análisis de riesgos de cada opción, decidir y elegir una opción para su aplicación y luego aplicar la opción elegida.

Sin embargo, se realiza un análisis de riesgos completo para cada riesgo individual. Esto es necesario para mantener actualizado y reflejar todas las fuentes de rendimiento identificadas en el modelo de riesgo. Además, debe incluir todas las respuestas a los riesgos que se hayan aplicado hasta ahora desde la planificación estratégica o táctica.

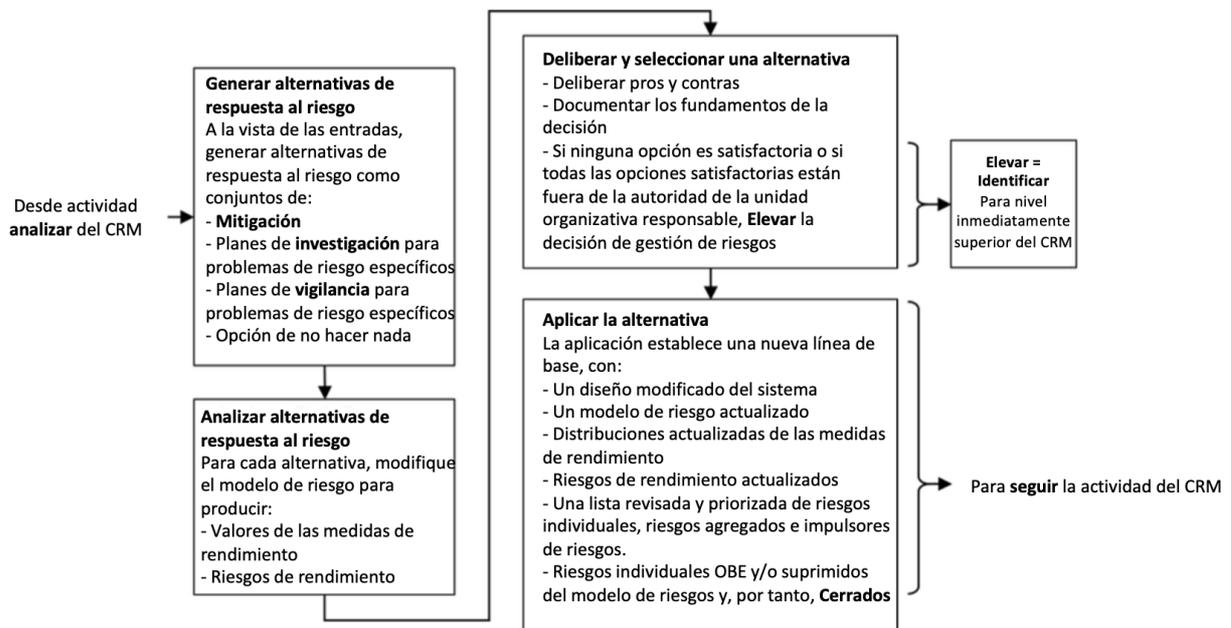


Figura 43. Tareas del Plan

Este paso se ejecuta a lo largo de la vida del programa/proyecto. Sin embargo, el calendario de su ejecución difiere entre los pasos táctico y estratégico:

- Debido a su criticidad y urgencia evaluadas, la planificación táctica del CRM se activa cuando se envía un riesgo individual para una respuesta de riesgo rápida. Cuando se le pida que determine la mejor manera de responder a estos riesgos urgentes, la función de gestión de riesgos de una unidad debe tener la capacidad de actuar con rapidez.
- Después de que se haya identificado un riesgo y se haya implementado cualquier respuesta táctica al riesgo, la planificación estratégica del CRM se lleva a cabo si el riesgo de rendimiento analizado está fuera de la tolerancia. Cuando este es el caso, la planificación estratégica aportará toda la capacidad de análisis de riesgos y la creación y análisis de un conjunto de alternativas de respuesta al riesgo de modo que la selección de una alternativa para su implementación esté plenamente informada del riesgo.

Este paso es un tipo de toma de decisiones informada por el riesgo en el que el análisis de riesgo del conjunto de alternativas de respuesta informa la decisión de cómo abordar mejor la postura del riesgo de una actividad.

#### 5.4.1. Generación de alternativas de respuesta al riesgo

La experiencia ha demostrado que las respuestas al riesgo pueden ser multidimensionales e incluyen una variedad de respuestas discretas que trabajan juntas para reducir el riesgo de rendimiento. Las respuestas a riesgo pueden incluir una variedad de opciones de respuesta a este específicamente definidas, cada una de las cuales corresponden a un tipo específico de disposición a riesgo de escrito en el NPR 8000.4<sup>a</sup>. El primer paso será generar un conjunto de opciones de respuesta al riesgo. Luego, las alternativas de respuesta al riesgo se describen como una variedad de combinaciones de estas opciones, incluyendo las alternativas que funcionan como una opción.

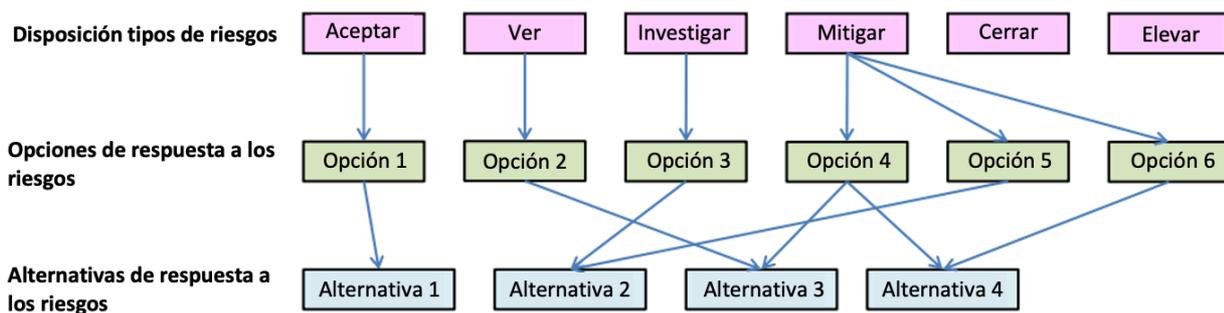


Figura 44. Relación entre las opciones de respuesta al riesgo y las alternativas de respuesta al riesgo

##### 5.4.1.1. Generación de respuestas al riesgo

Las respuestas individuales que generan alternativas de respuesta a riesgo se conocen como opciones de respuesta al riesgo. Cada opción de respuesta al riesgo pertenece a uno de los siguientes tipos de disposición al riesgo:

- **Aceptar:** una respuesta de riesgo de aceptar indica que no es necesario tomar ninguna acción de gestión de riesgos, dado el riesgo de rendimiento analizado actualmente. Esto se debe típicamente a que los riesgos de rendimiento asociados con los requisitos de rendimiento están todos dentro de los niveles tolerables, lo que refleja una actividad que está en camino de lograr sus objetivos dentro de las tolerancias de riesgo establecidas.

Se pueden encontrar condiciones y desviaciones adicionales que agraven los efectos de los factores de riesgo existentes a medida que avanza la actividad, lo que resulta en un riesgo de rendimiento intolerable. En tales situaciones, los factores de riesgo que antes no justificaban una respuesta de riesgo pueden ser los objetivos más atractivos para reducir el riesgo de rendimiento.

Cuando se generan alternativas de respuesta al riesgo, la opción aceptar no se combina con otras opciones. La estrategia de riesgo de la actividad en su conjunto tiene una opción de aceptar que reemplaza cualquier otra respuesta de riesgo.

La unidad organizativa debe documentar una respuesta a riesgo de aceptación, incluidas las suposiciones y condiciones en las que se basa.

- **Mitigar:** una opción de respuesta al riesgo dentro de mitigar es la toma de una acción positiva para abordar el riesgo de rendimiento de la actividad. Esto generalmente se debe a que el riesgo de desempeño de 1 o más requisitos de desempeño está fuera de los límites tolerables. Es importante considerar la posibilidad de que también se utilice la mitigación porque existe la posibilidad de reducir el riesgo de rendimiento incluso cuando se encuentra dentro de los límites permitidos. Las opciones de mitigación generalmente abordan 1 o más factores de riesgo y se enfocan en mejorar el riesgo de rendimiento en los lugares donde se necesita más.

Las dos principales categorías de mitigación son la prevención de salidas y la reducción de consecuencias. La reducción de consecuencias se refiere a las opciones de respuesta al riesgo que pueden evitar o reducir la probabilidad de suceso de salida y, por lo tanto, la probabilidad de deficiencias de rendimiento relacionadas con ese suceso. Las opciones de respuesta al riesgo conocidas como reducción de las consecuencias pueden reducir la gravedad de la consecuencia producida por la salida y la magnitud de las deficiencias de rendimiento asociadas.

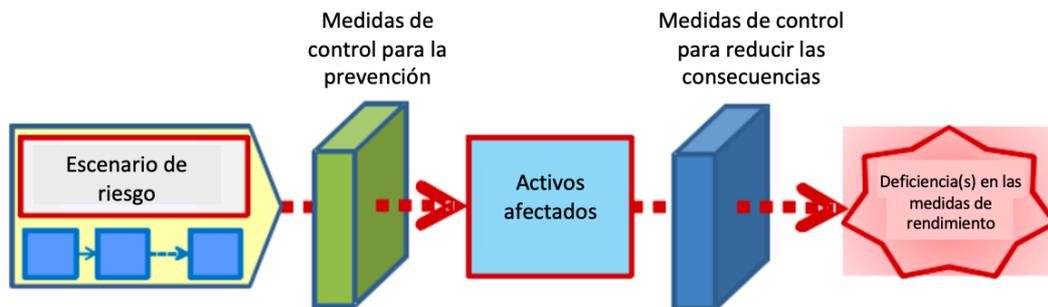


Figura 45. Prevención de los resultados y reducción de las consecuencias

Los requisitos derivados que fluyen hacia las unidades organizativas del nivel inmediatamente inferior de la jerarquía de la organización pueden verse afectados por una opción de reducción. En este caso, la negociación de un conjunto de requisitos derivados redefinidos entre las unidades afectadas es parte de la implementación de la opción de mitigación. No es sorprendente que, en circunstancias en las que los factores de riesgo se han elevado desde niveles inferiores de la organización, la mitigación implique cambios en los requisitos derivados.

En situaciones más graves, una unidad organizativa podría beneficiarse de considerar opciones de integración que vayan más allá del alcance de la solución de diseño elegida durante el proceso RIDM. En este caso, el proceso RIDM se vuelve a ejecutar utilizando las condiciones actuales para seleccionar una nueva alternativa que podría o no estar dentro del alcance de la resolución de diseño existente. Las alternativas candidatas suelen incluir las alternativas en conflicto de la actividad RIDM original, pero también pueden incluir otras alternativas descartadas anteriormente que ahora resultan atractivas, u otras alternativas que no se consideraron anteriormente pero ahora serían beneficiosas debido a los cambios en las circunstancias. La red ejecución del RIDM generalmente produce conjuntos completamente nuevos de requisitos derivados que fluyen hacia unidades de nivel inferior en la jerarquía, y los costos asociados deberán tenerse en cuenta en el análisis de riesgos de las alternativas.

Los planes de mitigación están documentados incluidos los parámetros apropiados que serán objeto de seguimiento para determinar la eficacia de la mitigación.

- **Seguimiento:** una respuesta de riesgo de seguimiento identifica 1 o más impulsores de riesgo que serán objeto de seguimiento de acuerdo con un conjunto documentado de requisitos que incluyen, como mínimo, los parámetros específicos que deben vigilarse y un calendario de seguimiento según el cual se observarán los parámetros.

De acuerdo con el calendario de seguimiento, el análisis de riesgos se actualizará regularmente con los valores actuales de los parámetros monitoreados. En la medida de lo posible, habrá que coordinar los

calendarios de seguimiento de los parámetros monitoreados para que el análisis de riesgos se actualice y evalúe por conjuntos.

- Investigar: una opción de respuesta al riesgo de investigar se aplica a 1 o más impulsores de riesgo cuyas incertidumbres son lo suficientemente grandes como para interferir en la toma de decisiones sólidas de gestión del riesgo.
- Elevar: una respuesta de riesgo de elevar transfiere la gestión de un riesgo de rendimiento a la unidad organizativa del nivel inmediatamente superior. La elevación se produce cuando no se puede encontrar una combinación satisfactoria de opciones de mitigación, seguimiento e investigación que devuelvan el riesgo a niveles tolerables. Esta opción reconoce la incapacidad de gestionar el riesgo de rendimiento en un nivel de la jerarquía de la organización, repercutiendo directamente en el riesgo de rendimiento del nivel inmediatamente superior

se espera que esta opción y una opción de seguimiento se combinen con frecuencia para monitorear el estado de cualquier factor de riesgo relacionado con el riesgo de rendimiento no gestionable. Además, se podrá combinar esta opción con otras opciones para reducir un poco el riesgo, pero no lo suficiente como para mantenerlo dentro de los límites tolerables. Durante esta respuesta riesgo se espera que ambos niveles realicen esfuerzos coordinados para el análisis de las distintas alternativas de respuesta.

- Cierre: una respuesta al riesgo de cierre se utiliza para riesgos específicos cuyos impulsores de riesgo ya no están presentes o cuya supervisión ya no es necesaria. Esto puede ocurrir cuando su probabilidad se ha reducido por debajo de un nivel definido tolerancia o cuando el evento ha ocurrido, convirtiéndose en un problema en lugar de una cuestión de gestión de riesgos.

#### 5.4.1.1.1. Comunicar las opciones de respuesta al riesgo

Todas las partes de la organización deben estar involucradas en la creación de opciones de respuesta a los riesgos. En una etapa temprana del proceso de planificación, deben establecerse ayudas y protocolos de comunicación que informen a otras unidades potencialmente afectadas de las actividades del plan del CRM de cada unidad, para que se puedan identificar sinergias y riesgos transversales. A medida que el personal de gestión de riesgos recopila opciones de respuesta a estos y hace sugerencias adicionales, se crea el plan de respuesta a los riesgos. Éste se comparte con otras unidades organizativas potencialmente afectadas, que a su vez compartirán sus planes de respuesta al riesgo. Permitiendo que múltiples unidades organizativas trabajen en cooperación para abordar los factores de riesgo en función de: la naturaleza transversal de los impulsores del riesgo, el impacto que los impulsores del riesgo tienen sobre el riesgo de rendimiento y la capacidad de que las opciones de respuesta a riesgo propuestas reduzcan el riesgo.

#### 5.4.1.1.2. Posibles opciones de respuesta al riesgo

La generación de iniciativas de mitigación e investigación suele comenzar con una lluvia de ideas cualitativas entre el personal experto para crear un conjunto inicial de opciones. A medida que se hace evidente que algunas opciones son inviables o categóricamente inferiores a otras, este conjunto se irá reduciendo. Llegados a este punto, un simple análisis de ingeniería puede ser adecuado para obtener un nivel de comprensión cuantitativa del coste y la eficiencia de cada opción. El análisis de riesgos proporciona una base analítica para probar y preseleccionar las opciones de respuesta al riesgo sugeridas.

El conjunto de opciones de respuesta a riesgo es el grupo a partir del cual se proponen subconjuntos para su aplicación, basándose en las sinergias entre las opciones y en la capacidad de los subconjuntos para producir colectivamente el resultado deseado.

#### 5.4.1.1.3. Consideraciones especiales para elevar y cerrar

Los tipos de opciones de respuesta a riesgo de elevar y cerrar presentan consideraciones únicas:

- Solo se debe responder al riesgo de elevar si la unidad organizativa no puede manejar el riesgo de desempeño a su nivel en la estructura de la organización. Como resultado elevar el riesgo no debería ser sugerido como primera opción. Debe reservarse para situaciones en las que las opciones de respuesta a riesgo disponibles se hayan analizado y se haya demostrado que no son adecuadas.

- Una respuesta de riesgo de cierre no afecta al riesgo de rendimiento. Es principalmente un método de control que elimina la consideración de aquellos riesgos y factores de riesgo individuales que ya no justifican la atención de la gestión de riesgos. Como resultado, las opciones de cierre pueden proponerse sin considerar otras opciones destinadas específicamente a reducir el riesgo de rendimiento. Desde un punto de vista práctico, cerrar todos los riesgos individuales e impulsores de riesgo apropiados al principio de cada etapa del plan estratégico del CRM puede resultar más eficaz, reduciendo así el número de cuestiones con respecto a las cuales se lleva a cabo la planificación.

#### 5.4.1.2. Combinación de opciones de respuesta a riesgo para producir un conjunto de alternativas de respuesta al riesgo candidatas

Una vez que se han identificado un conjunto de opciones de respuesta a riesgo, cada alternativa consistirá en una combinación de opciones que pueden colaborar para producir una respuesta adecuada a la postura de riesgo actual. Mediante la selección de alternativas atractivas que:

- Aborden es riesgo de rendimiento de múltiples unidades organizativas.
- Aborden todos o la mayoría de los requisitos de rendimiento cuyo riesgo está fuera de los niveles tolerables.
- Introduzcan menos riesgo de rendimiento en otras áreas de requisitos para lograr la reducción del riesgo pretendida.

Las opciones de respuesta a riesgo pueden formar parte de las alternativas de respuesta al riesgo. La siguiente figura muestra un método tabular para identificar y seleccionar las alternativas de respuesta al riesgo para su posterior consideración.

	Respuesta al riesgo Opción 1	Respuesta al riesgo Opción 2	Respuesta al riesgo Opción 3	Respuesta al riesgo Opción 4	Respuesta al riesgo Opción 5	Respuesta al riesgo Opción 6	Respuesta al riesgo Opción 7	Respuesta al riesgo Opción 8	Respuesta al riesgo Opción 9	Respuesta al riesgo Opción 10
Respuesta al riesgo Alternativa 1	X									X
Respuesta al riesgo Alternativa 2	X					X				
Respuesta al riesgo Alternativa 3	X			X						
Respuesta al riesgo Alternativa 4	X				X					
Respuesta al riesgo Alternativa 5								X		
Respuesta al riesgo Alternativa 6			X	X		X				
Respuesta al riesgo Alternativa 7					X					
Respuesta al riesgo Alternativa 8					X					
Respuesta al riesgo Alternativa 9				X	X		X			
Respuesta al riesgo Alternativa 10	X		X	X		X				

Figura 46. Matriz de respuesta al riesgo conceptual

### 5.4.2. Análisis de riesgo de las alterna.vas de respuesta al riesgo

Una vez que se han identificado un conjunto de opciones de respuesta al riesgo, se realiza un análisis de riesgo de las distintas opciones para informar sobre los riesgos antes de seleccionar una opción para su aplicación.

#### 5.4.2.1. Integración de las alterna.vas de respuesta al riesgo en el análisis de riesgos

El análisis de riesgo se lleva a cabo integrando cada alternativa de respuesta a riesgo en el modelo de riesgo y calculando el riesgo de rendimiento resultante, tanto para la planificación de la respuesta al riesgo táctico como estratégico. La diferencia es un detalle; se espera que el nivel de rigor utilizado para modelar las alternativas para la planificación de la respuesta al riesgo táctico refleje el nivel utilizado en el análisis rápido para caracterizar el riesgo individual en el modelo de riesgo. Para planificación táctica la valoración de parámetros de estimación puntual suele considerarse suficiente. El uso de modelos simplificados representa un compromiso entre el deseo de una toma de decisiones sólida e informada sobre el riesgo y la necesidad de actuar dentro de una ventana de oportunidad potencialmente corta. Para la planificación estratégica, el nivel de rigor utilizado para modelar las alternativas debe ser coherente con las normas existentes del modelo de riesgo en lo que se refiere al nivel de detalle de los RSDs, el origen de los datos utilizados para la cuantificación y el tratamiento de la incertidumbre.

#### 5.4.2.2. Realización del análisis de riesgos y documentación de los resultados

Un análisis de riesgo independiente representa cada alternativa de la respuesta al riesgo. Este análisis cuantifica las medidas de rendimiento que se obtendrían si se aplicara esa alternativa. Los riesgos de rendimiento de cada alternativa se calculan a partir de las medidas de rendimiento y los requisitos de rendimiento asociados, y sirven como resultados primarios para informar sobre el riesgo al seleccionar una respuesta al riesgo.

El análisis de las alternativas de respuesta al riesgo tiene como objetivo apoyar la toma de decisiones para que el responsable de la toma de decisiones pueda llegar a una decisión sólida en la que éste confía en que la alternativa de respuesta al riesgo seleccionada es realmente la mejor. Esto requiere de un análisis de riesgos lo suficientemente riguroso como para distinguir entre alternativas, especialmente para medidas de desempeño que son determinantes para la toma de decisiones. Por lo tanto, se espera que el análisis de las alternativas de respuesta al riesgo sea generalmente iterativo.

Los responsables de la toma de decisiones pueden utilizar este análisis inicial para seleccionar alternativas de respuesta a riesgo competitivas que pueden analizarse más tarde con métodos más rigurosos y/o exhaustivos. Para garantizar que los supuestos de modelización no afecten indebidamente a la potencial reducción del riesgo de las alternativas, también podrán realizarse estudios de sensibilidad.

Las herramientas de comunicación del RIDM se pueden ajustar para presentar los resultados del análisis de riesgos.

Alternativa	Requisitos de rendimiento				
	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2</sub>	PM <sub>3</sub>	...	PM <sub>n</sub>
	10%	1%	30%	...	5%
1	100	0.007	0.01		0.4
2	500	0.0002	0.15		5
3	350	0.004	0.08		20
...				...	
m	400	0.0001	0.25		0.1

**Tolerancia al riesgo en el momento de la decisión Punto 1**

Bajo
Medio
Alto

**Leyenda de rendimiento**

Figura 47. Gráfico de riesgo de rendimiento conceptual

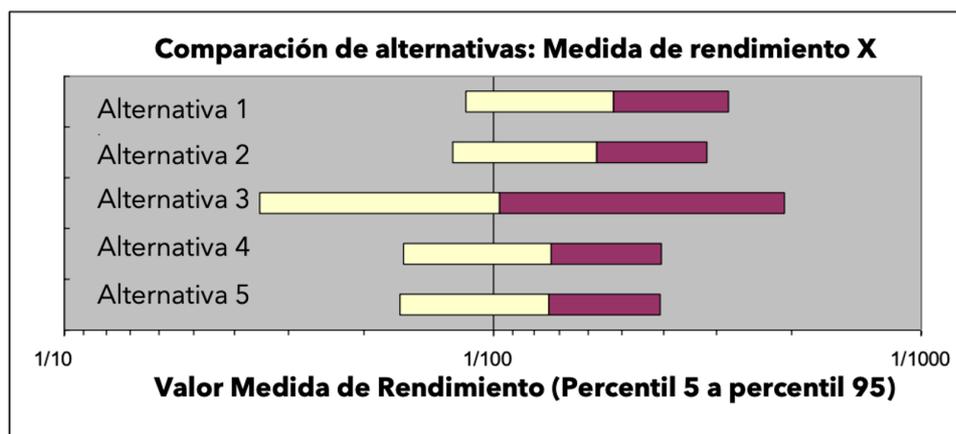


Figura 48. Gráfico conceptual de riesgos para la medida de rendimiento X

### 5.4.3. Deliberación y selección de una respuesta al riesgo

El proceso de deliberación y elección de una respuesta a riesgo generalmente sigue las mismas pautas que el proceso RIDM en la etapa 6. Paralelamente a este paso, la discusión y la selección de una respuesta al riesgo en el CRM implica:

- Convocar un foro de deliberación: debe estar formado por personal de ingeniería de sistemas y gestión de riesgos y debe incluir representación de las partes interesadas de todos los niveles de la jerarquía de la organización que se ven afectadas significativamente por el riesgo de desempeño y las alternativas de respuesta al riesgo.
- Identificar las alternativas en conflicto: las alternativas de respuesta al riesgo pueden eliminarse por motivos de inviabilidad, predominio o rendimiento inferior en áreas claves.
  1. Una alternativa inviable no puede reducir el riesgo de rendimiento a niveles tolerables. Si las mejores opciones no logran reducir el riesgo de rendimiento a niveles tolerables, aún podría ser razonable implementar una alternativa como respuesta parcial al riesgo, y elevar la toma de decisiones sobre gestión de riesgos al siguiente nivel superior de la estructura de la organización.
  2. Una alternativa dominada puede definirse como aquella cuyos impactos de riesgo de rendimiento son inferiores a los de otra alternativa para todos los requisitos de rendimiento. Dicha alternativa puede eliminarse en favor de la alternativa o alternativas dominantes.
  3. Las alternativas de respuesta al riesgo que son notablemente inferiores a otras en términos de impacto de riesgo para los requisitos claves de rendimiento pueden eliminarse en reconocimiento de los valores del responsable de la toma de decisiones.
- Consideraciones adicionales sobre la incertidumbre: el riesgo de rendimiento se refiere a la probabilidad de que un requisito de rendimiento específico no se cumpla, pero no a la magnitud en que puede superarse. Estas preocupaciones están relacionadas teniendo en cuenta la incertidumbre en lugar del riesgo de rendimiento. Una probabilidad significativa de un rendimiento excepcionalmente bajo puede ser motivo para descartar una alternativa de respuesta al riesgo.
- Iteración con el CRM analizar y planificar: un deliberante puede tener una cuestión o preocupación particular que requiere un análisis adicional a medida que avanza la deliberación. Como resultado, la discusión es iterativa durante el paso a analizar, lo que también puede resultar en la necesidad de revisar los análisis de riesgo de las alternativas de respuesta a riesgo modeladas en el paso plan. Los de liberadores también pueden proponer formas adicionales de abordar el riesgo. Es posible que se trate de

cambios en las alternativas existentes, como diferentes combinaciones de opciones de respuesta al riesgo o nuevas alternativas.

- Comunicación de las alternativas en conflicto con el responsable de la toma de decisiones: el conjunto de riesgos de rendimiento para cada requisito de rendimiento, así como las tolerancias de riesgo correspondientes, son la información principal que informa sobre el riesgo al seleccionar una alternativa de respuesta a este. La figura que se mostrará más abajo muestra una tabla de riesgos de rendimiento y tolerancias que separa el tiempo y el coste de aplicación. Además, se deberá resumir y enviar la información recopilada durante la discusión al responsable de la toma de decisiones:
  1. Los pros y los contras de cada alternativa
  2. Los riesgos individuales introducidos por cada alternativa
- Selección de una alternativa de respuesta al riesgo: una vez que se ha proporcionado información sobre los riesgos a los deliberantes, estos pueden seleccionar con conocimiento de causa una alternativa de respuesta a riesgo, registrando la información en la que se basa la decisión como justificación de esta.

Elevación de una decisión de riesgo: puede darse el caso de que no se disponga de ninguna alternativa de respuesta al riesgo que reduzca el riesgo de rendimiento a niveles tolerables o al menos marginales. En este caso será necesario elevar la decisión de riesgo al siguiente nivel de la jerarquía organizativa de la organización.

- Cambio de requisitos de rendimiento: también puede haber situaciones que pongan en peligro la actividad pero que queden fuera del ámbito del CRM para cumplir los requisitos definidos. En esos casos, puede ser necesario volver al proceso de RIDM y de ingeniería de sistemas que condujeron a la deriva acción de los requisitos de rendimiento. La decisión de volver a modelar los distintos requisitos se documentaría en la base de datos de riesgos y en el RRD que genera.

Plan alternativo NO	Tiempo para implementar ( E incertidumbre)	Coste para implementar ( E incertidumbre)	Resultados de la aceptabilidad del riesgo de rendimiento y probabilidad de no cumplir el requisito de rendimiento				Opinión del responsable de la toma de decisiones sobre si los resultados del riesgo de rendimiento son aceptables, marginales o inaceptables
			PM 1	PM 2	PM 3	---	
Null	0	0	Pr = ...	Pr = ...	Pr = ...		Inaceptable
1	$t_1 \pm \Delta t_1$	$C_1 \pm \Delta C_1$	Pr = ...	Pr = ...	Pr = ...		Aceptable por solapamiento de requisito
2	$t_2 \pm \Delta t_2$	$C_2 \pm \Delta C_2$	Pr = ...	Pr = ...	Pr = ...		Aceptable
3	$t_3 \pm \Delta t_3$	$C_3 \pm \Delta C_3$	Pr = ...	Pr = ...	Pr = ...		Marginal
4	$t_4 \pm \Delta t_4$	$C_4 \pm \Delta C_4$	Pr = ...	Pr = ...	Pr = ...		Inaceptable

Figura 49. Riesgos de rendimiento y tolerancias de riesgo para las alternativas de respuesta al riesgo en conflicto

## 5.5. Paso Seguimiento del CRM

El objetivo del seguimiento del CRM es doble:

- Seguir el progreso de la implementación de las respuestas al riesgo seleccionadas
- Hacer un seguimiento de los entregables, relacionados con las medidas de rendimiento y los impulsores de riesgo, que se vean afectados por las respuestas de riesgo seleccionadas.

Como tal, el paso de seguimiento garantiza que se generen datos para supervisar no solo el estado de implementación de las opciones de respuesta al riesgo, sino también su eficacia una vez implementadas.

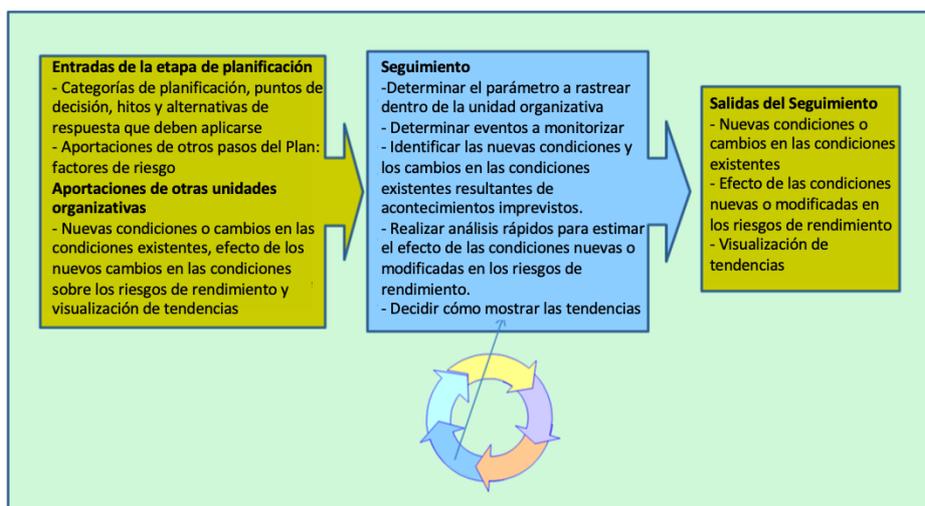


Figura 50. Paso de seguimiento del CRM

El seguimiento se aplica a los tipos de opción de respuesta al riesgo mitigar, vigilar e investigar. La naturaleza del seguimiento depende del tipo de opción para que se realice el seguimiento:

- **Mitigar:** la mitigación produce una modificación en el plan base del proyecto que refleja la implementación de la opción de mitigación seleccionada. Como tal, se espera que la implementación se integre en el calendario del proyecto de la unidad organizativa responsable, y que el progreso sea seguido por los procesos de gestión de proyectos dentro de esa unidad. El progreso debe comunicarse a las funciones de gestión de riesgos de otras unidades organizativas para que todas las funciones de gestión de riesgos afectadas conozcan el estado actual de la actividad. La mitigación también implica el seguimiento programado de los entregables relacionados con la eficacia de la opción de mitigación. Este seguimiento permite a la gestión de riesgos evaluar:
  1. La reducción real del riesgo en relación con la reducción del riesgo prevista
  2. El coste real de riesgo en relación con el coste del riesgo previsto.
- **Vigilar:** la decisión de vigilar un factor de riesgo implica el seguimiento programado de los parámetros observables relacionados con ese factor de riesgo que pueden utilizarse para evaluar el riesgo de rendimiento actual y la contribución del factor de riesgo a ese riesgo. Los parámetros que se vigilan sirven como indicadores de alerta temprana para poder tomar medidas adicionales. Esto permite la ejecución oportuna de planes de contingencia u otros tipos de decisiones diferidas que pueden invocarse condicionadas por los resultados de la actividad de seguimiento.

El tipo de opción vigilar no implica cambios en el plan base en el proyecto y tampoco el seguimiento de la ejecución.

- **Investigar:** esta decisión, de investigar un inductor de riesgo da lugar a un plan de investigación cuya ejecución debe ser objeto de seguimiento, así como la supervisión programada de los entregables relacionados con la investigación que pueden utilizarse para evaluar el riesgo de rendimiento actual y la contribución a dicho riesgo de los inductores de riesgo. Los parámetros de seguimiento deben comunicarse a los encargados de gestión de riesgos de todas las unidades organizativas afectadas.

Los datos de seguimiento pueden utilizarse para construir gráficos de seguimiento de riesgo de rendimiento que muestren cómo los riesgos de rendimiento aumentan y disminuyen con el tiempo a medida que se identifican nuevos riesgos individuales y se implementan respuestas.

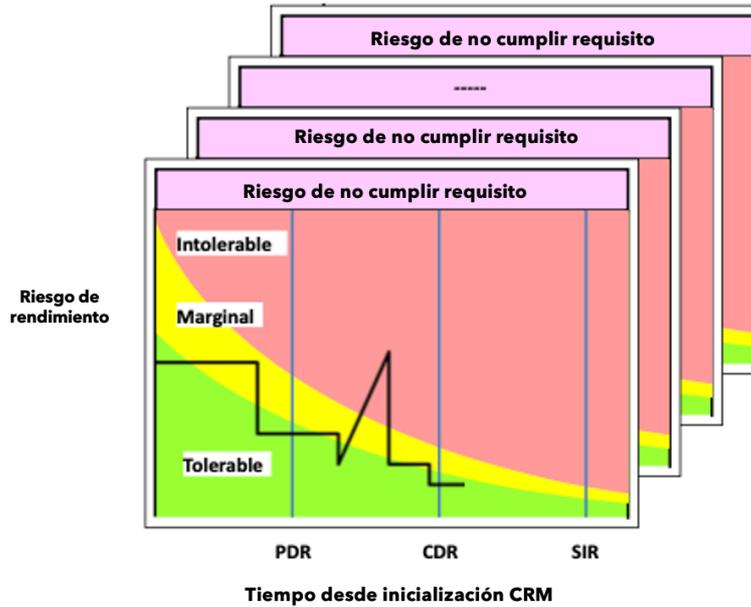


Figura 51. Cuadro de seguimiento del riesgo de rendimiento

### 5.6. Paso Control del CRM

El objetivo de la etapa de control de CRM es evaluar los datos de seguimiento para determinar si la respuesta a riesgos se está aplicando según lo previsto y, en caso afirmativo, si están produciendo los cambios previstos en los factores de riesgo específicos y en el riesgo de rendimiento en general.

Dado que el paso de control se centra en responder a los datos de seguimiento, también está en función del tipo de respuesta al riesgo:

- **Mitigar:** debido a que las opciones de mitigación están integradas en el plan de proyecto de la unidad organizativa de implementación, esta implementación es supervisada por la función de ingeniería de sistemas de la unidad. Por lo tanto, el papel de la gestión de riesgos con respecto al control de la implementación es principalmente el de supervisar el progreso y evaluar las consecuencias potenciales del riesgo asociadas con las desviaciones del plan de implementación. También incluye la aplicación de contingencias cuando sea necesario y la realización de pequeños cambios que no requieran la reiniciación del paso del plan.

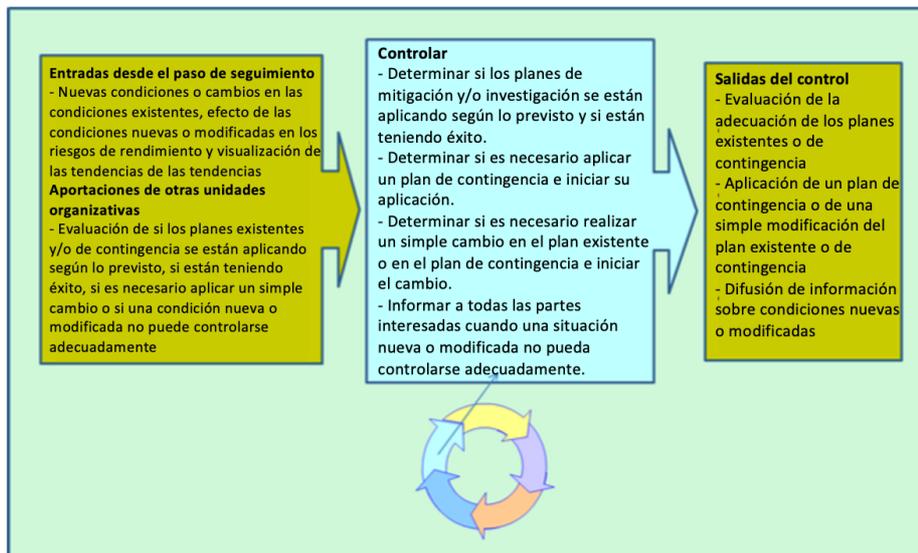


Figura 52. Paso control del CRM

Si el riesgo de rendimiento evaluado es inferior al previsto durante el plan, el control actúa dentro del ámbito de la alternativa seleccionada para lograr el resultado previsto.

- Vigilancia: evalúa los parámetros vigilados y ejecuta los planes de contingencia u otras decisiones diferidas según criterios preestablecidos.
- Investigación: involucra la ejecución de un plan de acción cuya implementación se espera que se integre en el plan de proyecto. Al igual que el anterior implica la ejecución de planes de contingencia u otras decisiones diferidas basadas en una evaluación de los parámetros investigados en relación con criterios preestablecidos.

### **5.6.1. Comunicación y documentación**

Cada uno de los cinco pasos de la gestión de las relaciones con los clientes incluye comunicación y documentación, que son esenciales en la gestión de las relaciones con los clientes. Cada uno de estos pasos del proceso de CRM implica la producción de información que debe registrarse y comunicarse al personal adecuado en el momento adecuado utilizando los medios de comunicación estandarizados adecuados para garantizar que se transmita en significado deseado.

#### **5.6.1.1. Comunicación y documentación dentro del CRM**

A lo largo de todo el proceso del CRM, se produce una comunicación entre las partes implicadas en la gestión de riesgos, la gestión de proyectos y la ingeniería de sistemas para asegurarse de que los riesgos se gestionan eficazmente durante la implementación.

La comunicación Interorganizativa es parte integrante del CRM en el contexto de la jerarquía organizativa de la organización. Diferentes unidades organizativas en diferentes niveles de jerarquía deben trabajar juntas para lograr en última instancia los objetivos de alto nivel que motivan sus requisitos derivados. Deben desarrollarse ayudas de comunicación estandarizadas que respalden las necesidades de información de las decisiones que apoyan.

Los protocolos de comunicación de riesgos deben negociarse entre las unidades organizativas implicadas y documentarse en el RMP. Esto incluye la notificación periódica programada de información sobre riesgos, así como protocolos para la notificación de riesgos en respuesta a desencadenantes como la superación de un umbral de elevación.

## **5.7. Aplicabilidad de los procesos del CRM centrados en el proyecto a otros ámbitos de riesgo**

La base de datos de riesgos puede servir como repositorio principal de la documentación de gestión de riesgos relacionadas con el CRM. La base de datos de riesgos debe ser relacional y permitir conexiones múltiples entre riesgos individuales, riesgos de rendimiento, factores de riesgo y respuestas a los riesgos para apoyar plenamente el proceso CRM. Ofrece la posibilidad de almacenar y archivar los resultados del análisis de riesgos a medida que evolucionan a lo largo de la actividad, así como, la planificación de la respuesta al riesgo. Este incluye el conjunto de alternativas de respuesta al riesgo, los análisis de riesgos de las alternativas, la respuesta a riesgo elegida y la justificación de la decisión.

### **5.7.1. Riesgos institucionales**

Como se menciona a lo largo del documento, los riesgos institucionales recluyen riesgos que afectan a la fuerza y a la combinación de la mano de obra, la viabilidad y el mantenimiento de las instalaciones, la capacidad de cumplir las normas de control de calidad, la eficacia y accesibilidad de las funciones de apoyo, la autoridad y capacidad de mantenimiento del software que respalda las operaciones cotidianas y otras cuestiones relacionadas. Estos riesgos, sin embargo, están separados de los riesgos empresariales y de los riesgos

estratégicos de toda la organización.

Pueden gestionarse de forma muy similar a los riesgos del proyecto, siempre que exista una unidad organizativa responsable para cada riesgo. Esta debe tener su propio conjunto de requisitos y objetivos de rendimiento y su propio conjunto de parámetros de rendimiento con los que pueda medir su éxito o sus deficiencias. En la medida en que los parámetros de rendimiento puedan expresarse cuantitativamente, pueden tratarse utilizando los mismos métodos y procesos analizados en este documento.

La cuestión que requiere un análisis más profundo es cómo modelizar los efectos de los riesgos institucionales en los riesgos del proyecto.

### **5.7.2. Riesgos empresariales**

La gestión de riesgos empresariales de en la organización implica la gestión de los riesgos que afectan al funcionamiento de la agencia como empresa o corporación. Al igual que la gestión de riesgos de proyectos, se centra en identificar acontecimientos o circunstancias particulares relevantes para los objetivos de la organización, analizar los sistemáticamente en términos de probabilidad y magnitud del impacto, planificaron una estrategia de respuesta, seguir los progresos y controlar las desviaciones.

Los ámbitos se definen de forma diferente para las dos categorías de riesgo porque la naturaleza de los riesgos difiere para cada una de ellas. A continuación, figura una lista de 5 ámbitos que a veces se utiliza para clasificar los riesgos empresariales:

- Riesgos de adquisición, incluidos los riesgos que dificultan la cuestión del trabajo en equipo o tienden a concretar el poder de mercado en una sola entidad.
- Riesgos estratégicos, incluidos los problemas normativos y políticos, la obsolescencia debida a los avances técnicos, los daños a la reputación, los cambios en los deseos y preferencias de las partes interesadas y la falta de disponibilidad de capital.
- Riesgos financieros, incluidos los riesgos de las materias primas, el riesgo de crédito y la liquidez inadecuada.
- Riesgos operativos, como la disponibilidad de Recursos Humanos, las transiciones de liderazgo, la eficiencia y fiabilidad de máquinas y procesos, y la gestión de la cadena de suministro.
- Riesgos de peligro, incluidos acontecimientos externos, lesiones e incapacidades y demandas por responsabilidad civil.

### **5.7.3. Riesgos estratégicos para toda la empresa**

A nivel de la agencia, existe un conjunto de cuestiones de riesgo estratégico que se clasifican en función de los objetivos de rendimiento descriptivos. El rendimiento con respecto a los resultados del plan de rendimiento se clasifica en verde, amarillo o rojo, según los siguientes criterios:

- Verde: La organización ha alcanzado la mayoría de los objetivos.
- Amarillo: La organización ha realizado progresos significativos hacia el resultado, sin embargo, es posible que la agencia no alcance el resultado esperado.
- Rojo: la organización no alcanzó la mayoría de los objetivos y no espera alcanzarlos.

Aunque el presente proceso se centra en el rendimiento pasado, puede utilizarse un proceso similar para gestionar el riesgo con respecto al rendimiento futuro. En ese caso, la atención se centraría en considerar los resultados y requisitos que se espera que sean aplicables en el futuro. El proceso para gestionar el riesgo con una orientación futura podría ser bastante similar al proceso para gestionar los riesgos del proyecto.

Al inicio del proceso de gestión de riesgos, el responsable de la toma de decisiones especificaría su tolerabilidad

para las probabilidades de cada nivel de gravedad en función del tiempo. Cada objetivo estratégico podría tener una tolerabilidad diferente.

Los detalles para abordar el riesgo estratégico de la agencia están aún por desarrollar, pero parece plausible que el tratamiento de la gestión de riesgos para los objetivos estratégicos de la agencia pueda seguir un camino similar al tratamiento de la gestión de riesgos para los riesgos del proyecto.

# 7 APLICABILIDAD

Una vez que hemos analizado todo el proceso de gestión de riesgos que se lleva a cabo por parte de la NASA según su manual, procedemos a aplicar esta forma de entender la gestión de riesgos a un proyecto. Todo ello para ver con mayor claridad cómo y cuándo se deberían de aplicar cada uno de los distintos procesos.

Para ello, hemos decidido por abordar un proyecto de actualidad para la ciudad de Sevilla como va a ser la remodelación del Estadio Benito Villamarín. Este proyecto contará con una duración de dos años, de verano de junio de 2024 a junio de 2026.

A lo largo de este apartado se verán las distintas fases del proyecto, los tiempos que conllevarán cada una de las fases, los procesos que tendrán lugar en cada una de ellas, así como un cronograma del proyecto para que se pueda ver con claridad todo lo estudiado a lo largo de este trabajo.

## 7.1 Cronograma del proyecto

En primer lugar, vamos a definir las distintas fases del proyecto, así como la duración que llevará realizar cada una de ellas:

1. Planificación y desarrollo de ingeniería (Meses 1 - 4)
2. Demolición de la grada existente (Meses 5 - 7)
3. Preparación del terreno y cimentación (Meses 8 - 10)
4. Construcción de estructuras y graderío (Meses 11 - 18)
5. Mejora y modernización de instalaciones (Meses 19 - 23)
6. Pruebas y ajustes finales (Meses 23 - 24)

Una vez que hemos definido las tareas, procedemos a realizar un diagrama de Gantt. En este podremos apreciar las distintas actividades que se van a llevar a cabo en cada fase, así como la precedencia y duración de estas.

Cabe destacar que este hace referencia al hipotético caso en el que nuestro proyecto no sufre ningún retraso y todo sigue la planificación inicial del proyecto en cuanto a tiempo, por esa misma razón no tenemos en cuenta ningún buffer en la representación gráfica del diagrama

A continuación del diagrama de Gantt, procederemos a explicar las distintas medidas que se deberían de tomar a lo largo de cada fase para mitigar los riesgos del proyecto en su máxima medida.

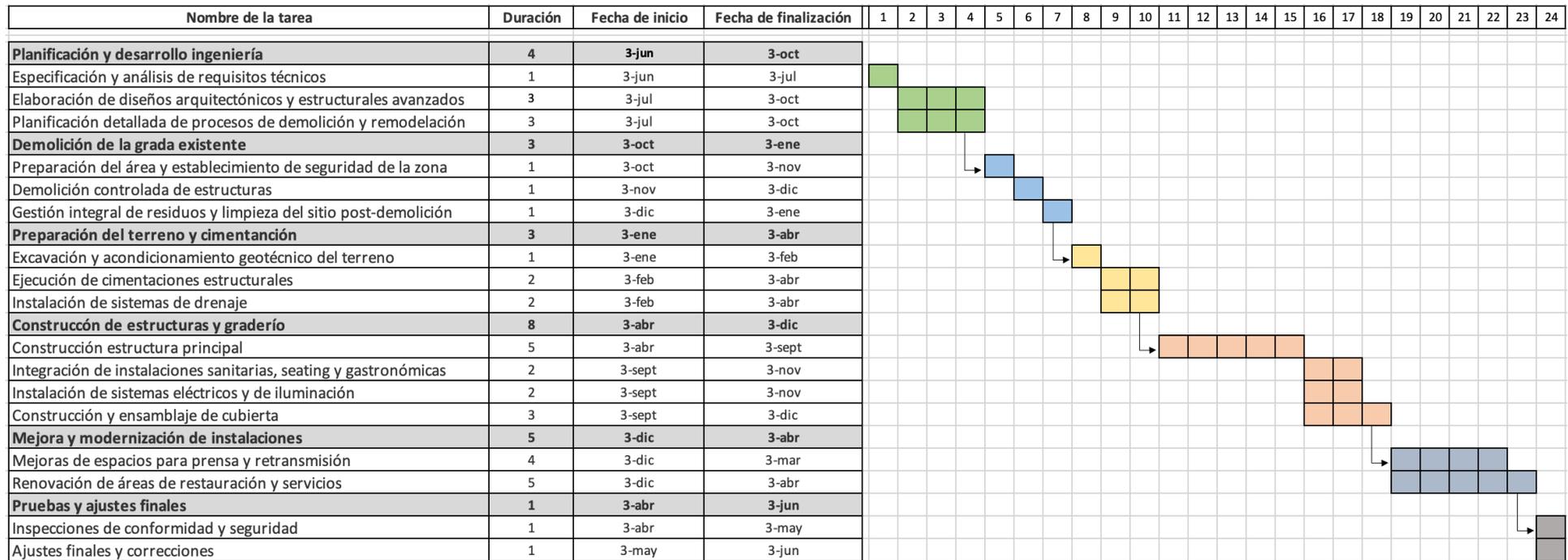


Figura 53. Diagrama de Gantt de las distintas fases del proyecto

### 7.1.1 Planificación y desarrollo ingeniería

En esta primera fase del Proyecto se llevará a cabo la identificación de riesgos por parte de ingenieros y arquitectos, que:

- **Revisarán posibles riesgos relacionados con el diseño y requisitos del estadio.**

Podríamos encontrarnos con el riesgo de que las nuevas estructuras no sean compatibles con las ya existentes, que el diseño propuesto no cumpla con los estándares y regulaciones, o que las tecnologías implementadas para el proyecto no funcionen como debieran derivando en costos de inesperados.

- **Identificarán riesgos potenciales asociados con permisos y regulaciones.**

Durante este proceso, se examinará detenidamente los requisitos legales y regulatorios relacionados con la construcción y operación del estadio, que podrían derivar en riesgos de retrasos en cuanto a la obtención de estos, que haya cambios en las regulaciones, no se cumplan con las normativas de seguridad o que la construcción de esta nueva grada cause impactos ambientales no previstos que podrían derivar en sanciones legales.

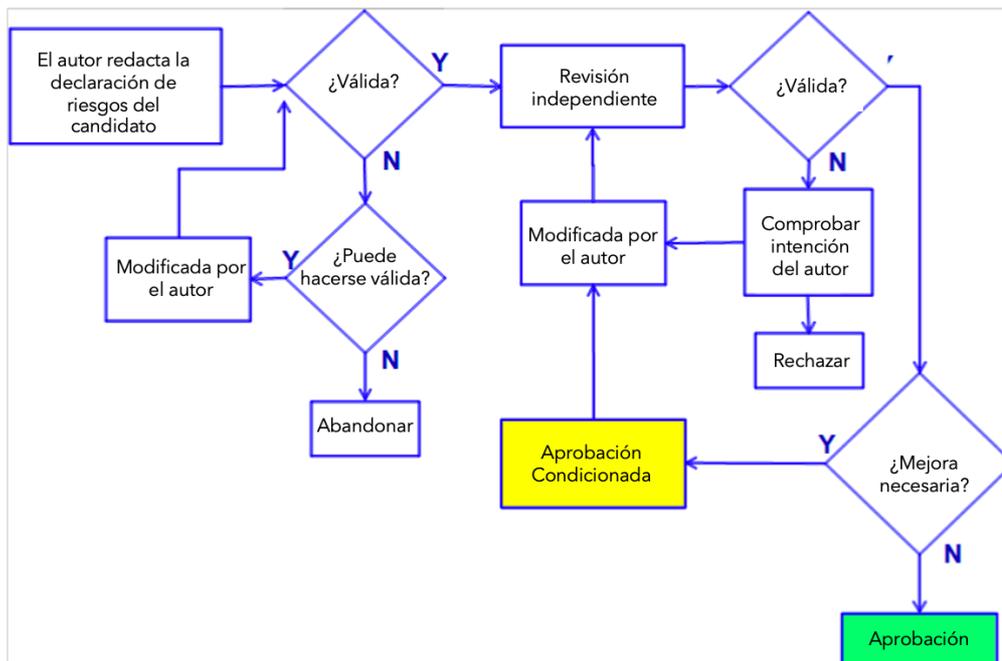


Figura 54. Diagrama de flujo de identificación de los distintos riesgos

El equipo de gestión de riesgos deberá crear planes de respuesta específicos para abordar estos riesgos, como realizar auditorías de cumplimiento, trabajar estrechamente con las autoridades reguladoras y anticipar posibles cambios en las regulaciones durante el periodo de construcción. En esta etapa, la comunicación efectiva con las partes interesadas y la documentación detallada de los requisitos y regulaciones son esenciales para reducir de manera proactiva estos riesgos.

### 7.1.2 Demolición de la grada existente

Durante la segunda fase del proyecto se llevará a cabo una evaluación de los riesgos relacionados con la demolición, como posibles daños a estructuras circundantes, problemas de seguridad o la gestión de residuos. Esta será una fase crítica del proyecto, pues conlleva riesgos significativos que deben ser evaluados y analizados para garantizar la seguridad de las estructuras circundantes y los trabajadores.

Alternativa X - Lista de riesgos RIDM							
Riesgo #	Declaración del riesgo	Compromisos de resultados					Total
		PM <sub>1</sub>	PM <sub>2</sub>	PM <sub>3</sub>	...	PM <sub>n</sub>	
1	Dado A, existe la posibilidad de que B afecte a C y pueda conducir a D	Alto	Medio	N/A	...	Bajo	Alto
2	Dada E, existe la posibilidad de que F afecte a G y pueda conducir a H	N/A	Bajo	Medio	...	N/A	Medio
3	Dada H existe la posibilidad de J que impacta en K y puede llevar a L	Medio	N/A	N/A	...	N/A	Medio
...					...		
m	Dada W existe la posibilidad de X que impacta en Y y puede llevar a Z	N/A	N/A	Bajo	...	N/A	Bajo

Leyenda de riesgo	
Alto	
Medio	
Bajo	
N/A	

Figura 55. Lista de riesgos demolición de la grada

Para ello, se llevará a cabo un análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos a través de distintos diagramas, donde se reflejarán los compromisos de rendimiento, sus tolerancias al riesgo por cada una de las alternativas que se podrían aplicar y una gráfica que compararía el rendimiento según la incertidumbre de ambas alternativas a seleccionar.

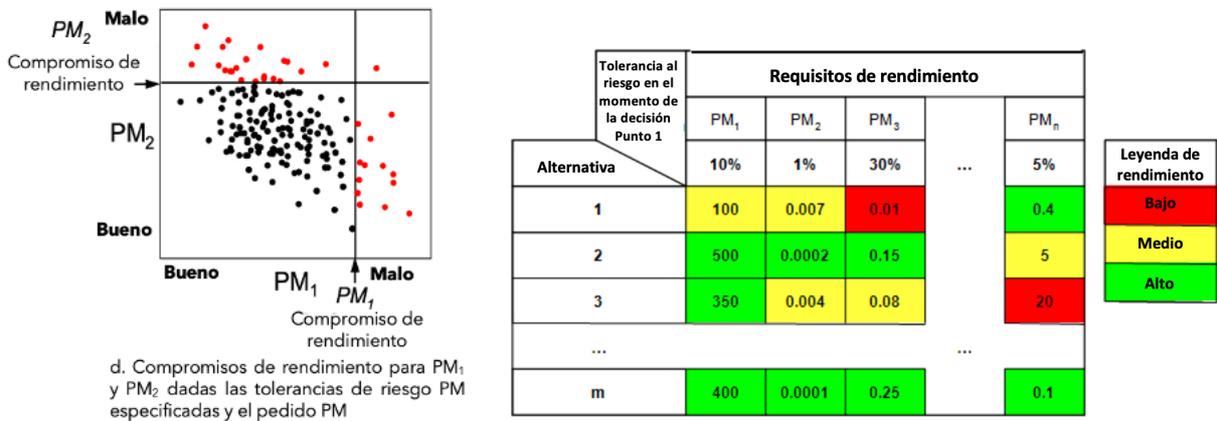


Figura 56. Compromiso y rendimiento para las alternativas y seleccionar sus tolerancias

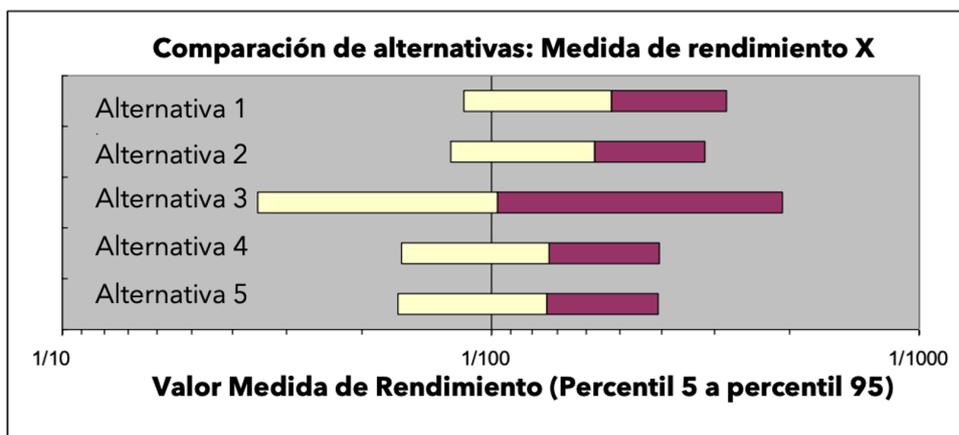


Figura 57. Comparación rendimiento entre ambas alternativas

Una vez llevado a cabo estos análisis evaluaremos medidas de mitigación como podrán ser el establecimiento de protocolos de seguridad, inspecciones estructurales previas a la demolición o un plan de gestión de residuos. Para prever cualquier posible incidente durante la demolición, también se realizarán simulaciones de escenarios hipotéticos que quedarán reflejados en diagramas (RSDs) como el siguiente:

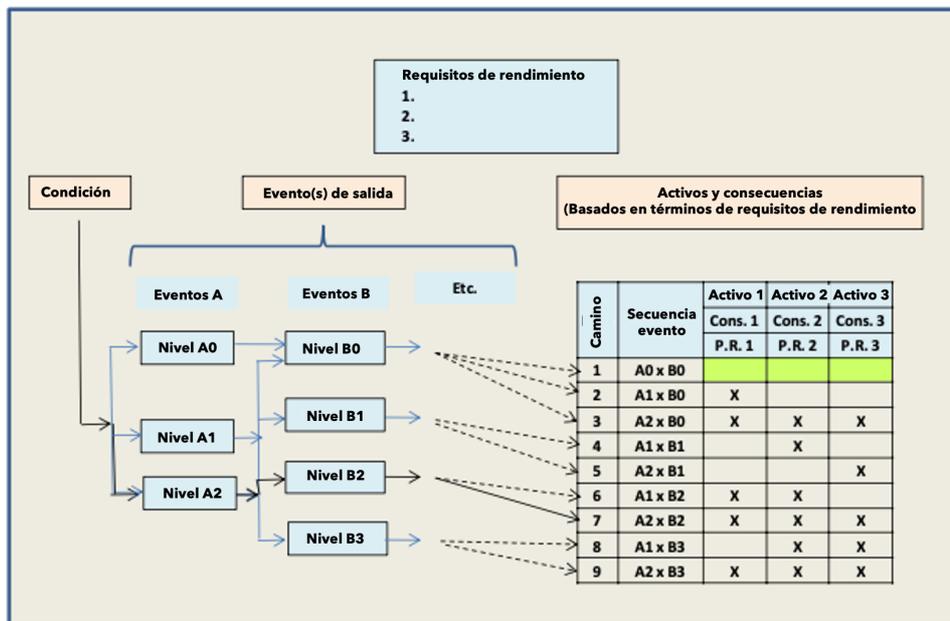


Figura 58. Diagrama RSD que se aplicará en caso de X riesgo

Una vez se hayan realizado estos procedimientos, se deberá de documentar detalladamente esta información quedando recogidas por tanto las evaluaciones, las medidas de mitigación óptimas y los planes de contingencia que se tendrían que llevar a cabo. Así mismo, una vez documentada, se deberá de comunicar a todos los miembros del equipo de construcción (nivel inferior) y a las autoridades reguladoras pertinentes (niveles superiores), garantizando una ejecución segura del proceso de demolición.

### 7.1.3 Preparación del terreno y cimentación

Durante esta fase del proyecto se implementarán medidas de mitigación como serán:

- Supervisión y monitoreo continuo: servirán para detectar cualquier cambio inesperado en las condiciones del suelo o problemas similares.
- Adopción de métodos de excavación seguros, teniendo en cuenta las características del suelo para minimizar el riesgo de colapsos y deslizamientos.
- Control de aguas subterráneas, mediante el uso de sistemas de drenaje en caso de lluvias pues podrían afectar negativamente a las estructuras de cimentación.
- Análisis y reforzamiento de la cimentación: una vez preparado el terreno, se realizarán estudios geotécnicos del suelo para asegurarse que cimentaciones puedan soportar las cargas esperadas y no colapsen. También se llevarán a cabo refuerzos de cimentación donde se identifiquen condiciones de suelo menos estables.
- Gestión de riesgos ambientales, como en fases anteriores se deberá de gestionar de forma adecuada los residuos generados durante esta fase, así como fugas de cualquier producto químico empleado durante la cimentación
- Procedimientos de emergencia: se deberán de establecer protocolos claros para la evacuación segura del área en caso de emergencia, disponer de equipos de primeros auxilios... para la que los trabajadores tendrán que estar capacitados.

Al finalizar esta fase, todos los procedimientos realizados tendrán que haber sido detallados como los análisis geotécnicos, los informes de seguridad y los procedimientos de emergencia. Esta información será

posteriormente elevada a las autoridades reguladoras.

#### 7.1.4 Construcción de estructuras y graderío

Tras haber completado las tres primeras fases, durante la cuarta fase del proyecto se llevará a cabo un control y seguimiento de los distintos riesgos. Estas serán actividades como:

- Seguimiento continuo de los procesos de construcción para identificar cualquier desviación del plan.
- Implementación de planes de contingencia en caso de retrasos o problemas inesperados.

Durante esta fase, tendrá lugar un control más exhaustivo de los procesos, pues cualquier fallo en la construcción podrían acarrear daños fatales. Para ello, el seguimiento de los procesos de construcción se realizará de la siguiente manera:

- Supervisión en tiempo real: se establecerán estaciones de control de los trabajos para que los supervisores puedan monitorear el estado de la construcción en tiempo real. Proporcionando datos sobre el progreso de la construcción, el cumplimiento del cronograma y el rendimiento de contratistas y subcontratistas.
- También se establecerán indicadores clave de rendimiento (KPIs), que servirán para medir el progreso, identificar tendencias y áreas de mejora que puedan derivar en posibles desviaciones del plan original.
- Se programarán reuniones semanales para revisar el progreso, discutir cualquier problema emergente y tomar medidas correctivas según sea necesario. Tras estas reuniones se deberán de realizar informes que vayan documentando toda la fase del proyecto

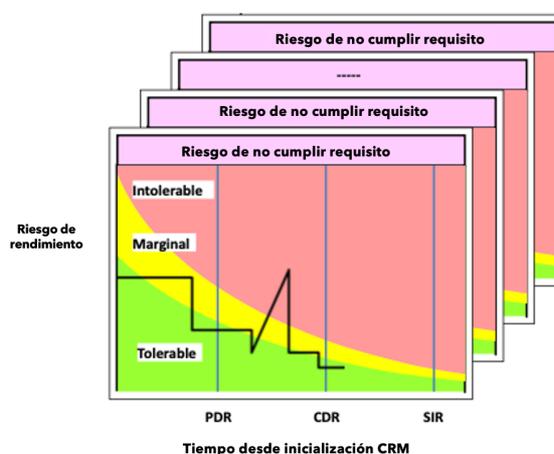


Figura 59. Seguimiento de los riesgos a lo largo del proyecto

A medida que la fase de construcción va avanzando y las reuniones de seguimiento van teniendo lugar, mediante los procesos de gestión de riesgos de la NASA, que lo que buscamos con ellos es una gestión proactiva de los mismos, se desarrollarán planes de contingencia según el siguiente procedimiento:

1. Identificación de escenarios de riesgo: anticipación a posibles escenarios de riesgo que puedan derivar en retrasos o interrupciones en el proceso de construcción (escasez de materiales, problemas con los contratistas...).
2. Desarrollo de planes de contingencia: se desarrollará un plan de contingencia por cada escenario de riesgo identificado para mitigar cualquier impacto o retraso en el proyecto. Para cada plan de contingencia, los miembros del equipo tendrán asignadas una serie de responsabilidades.
3. Pruebas y simulacros: tendrán lugar periódicamente para garantizar la eficacia de las medidas propuestas y en casa de ser necesario proponer mejoras.
4. Acciones inmediatas: implementación inmediata de las medidas de contingencia tan pronto como se identifique un escenario de riesgo relevante, sin esperar a que este derive en un problema real.

5. Evaluación post-implementación: se documentará todas las lecciones aprendidas y las mejoras prácticas que se podrían implementar.

	Respuesta al riesgo Opción 1	Respuesta al riesgo Opción 2	Respuesta al riesgo Opción 3	Respuesta al riesgo Opción 4	Respuesta al riesgo Opción 5
Respuesta al riesgo Alternativa 1	X				
Respuesta al riesgo Alternativa 2	X				
Respuesta al riesgo Alternativa 3	X			X	
Respuesta al riesgo Alternativa 4	X				X
Respuesta al riesgo Alternativa 5					

Figura 60. Planes de contingencia según los tipos de riesgo

El proyecto de construcción de la grada podrá abordar los desafíos y riesgos de manera eficaz mediante este seguimiento continuo y gestión proactiva de los riesgos (CRM + RIDM).

### 7.1.5 Mejora y modernización de instalaciones

A lo largo de esta fase tendrá lugar unos procedimientos muy similares a los de la fase anterior por no decir idénticos. Lo que cambiará serán los distintos indicadores de rendimiento, que estarán dirigidos a otras infraestructuras del estadio y se tendrán que monitorear y realizar planes de contingencia según lo estudiado con anterioridad.

Antes de pasar a la siguiente fase, toda la documentación recopilada durante esta fase será transmitida. A lo largo de los niveles superiores de la organización para que se tengan en cuenta para proyectos futuros.

### 7.1.6 Pruebas y ajustes finales

Una vez que se han completado todas las fases anteriores, antes de dar por finalizado el proyecto, se implementará un monitoreo y revisión del riesgo, que aplicado a nuestro proyecto consistirá en:

- Un monitoreo continuo de la seguridad de la calidad de las instalaciones:
  1. Programación y realización de inspecciones regulares para identificar posibles problemas de seguridad o calidad.
  2. Implementación de protocolos de seguridad (señalizaciones, uso de EPIs...).
  3. Pruebas de calidad de los materiales usados.
  4. Evaluación de los incidentes que hayan tenido lugar durante el proyecto.
- Una revisión final de los procesos de gestión de riesgos y documentación para futuros proyectos similares:
  1. Evaluación del proceso de gestión de riesgos: se realizará una revisión exhaustiva de todos los procedimientos llevados a cabo durante el proyecto para identificar áreas de mejora, que se pondrá en práctica a través de futuros proyectos.

2. Documentación completa: recopilación de toda la información recogida durante el proyecto.
3. Elaboración de informes de mejoras en base a las experiencias del proyecto: mejorar las prácticas de las soluciones implementadas durante el proyecto y compartir los conocimientos con los distintos niveles de la organización. También se presentarán dichos informes a los stakeholders.
4. Capacitación del personal: se fomentará un ambiente de aprendizaje continuo para fortalecer la cultura de gestión de riesgos de la organización.

## 8 CONCLUSIONES

---

*"Una onza de prevención vale más que una libra de cura"*

*-Benjamin Franklin-*

La gestión de riesgos de la NASA ha demostrado ser un método efectivo y aplicable para abordar los problemas de gestión de riesgos en proyectos complejos y de alto perfil. Sin embargo, puede ser útil para muchas organizaciones en varios campos y sectores, no solo para la NASA.

El enfoque proactivo y basado en datos de la NASA en la gestión de riesgos es uno de sus aspectos más destacados. La NASA es consciente de que la gestión de riesgos no es solo una acción reactiva para reducir las amenazas, sino que también es una práctica proactiva para encontrar y aprovechar oportunidades. Este enfoque proactivo ayuda a las empresas a tomar decisiones estratégicas informadas que maximizan las posibilidades de éxito y minimizan los efectos negativos de los riesgos.

Además, los modelos de gestión de riesgos de la NASA, como el Modelo de Gestión de Riesgos (CRM) y el Modelo de Decisión de Riesgos (RIDM), alientan a las partes interesadas a trabajar juntos y comunicarse bien. Esto es especialmente relevante para proyectos complejos que involucran múltiples equipos y departamentos porque facilita la coordinación y el intercambio de información esencial para la gestión de riesgos.

El enfoque contundente en la evaluación y mitigación continua de riesgos es un componente crucial y fundamental de la gestión de riesgos de la NASA. Esta mentalidad de evaluación constante es esencial para el éxito de cualquier organización en un mundo en constante evolución, donde los factores internos y externos pueden generar nuevos riesgos en cualquier momento. Las organizaciones pueden identificar, comprender y anticipar los desafíos y oportunidades que puedan surgir en el transcurso de sus proyectos o procesos al realizar evaluaciones de riesgos regulares.

Además, gracias a esta evaluación continua, las organizaciones pueden adaptar rápidamente sus estrategias de gestión de riesgos a los cambios, lo que resulta en una adaptación ágil y efectiva a los nuevos escenarios. De esta manera, las organizaciones están mejor preparadas para reducir los efectos negativos de los riesgos potenciales y, al mismo tiempo, maximizar las oportunidades para el éxito.

La gestión de riesgos debe ser un campo en constante transformación que promueva el progreso continuo. Esta estrategia requiere que las organizaciones no solo se concentren en responder a los riesgos a medida que surgen, sino que también consideren y aprendan de sus experiencias anteriores. Las organizaciones pueden aprender mucho sobre sus propios métodos de gestión de riesgos analizando las lecciones de proyectos anteriores. Estos conocimientos ayudan a identificar patrones, tendencias y áreas de mejora para identificar, evaluar y reducir los riesgos.

Una gestión de riesgos más efectiva y con mayores probabilidades de éxito se logra mediante la capacidad de modificar estrategias y adoptar un enfoque más proactivo y eficiente para abordar los riesgos. La disciplina de mejora continua también fomenta una cultura de aprendizaje en la organización, donde el conocimiento compartido y la evolución constante son clave para la excelencia en la gestión de riesgos.

Por último, la gestión de riesgos de la NASA proporciona un marco sólido y altamente transferible para otras organizaciones que intentan implementar una gestión de riesgos efectiva. Las organizaciones pueden mejorar significativamente su capacidad para anticipar, evaluar y reducir los riesgos al adoptar estos enfoques proactivos,

basados en datos y orientados a la colaboración. Esto impulsará el éxito de sus proyectos y procesos en un entorno empresarial cada vez más complejo y cambiante. Las organizaciones tienen una ventaja competitiva porque la evaluación y mitigación continua de riesgos les permite adaptarse rápidamente a las condiciones cambiantes del mercado y reducir su vulnerabilidad a posibles amenazas.

Además, las organizaciones pueden desarrollar una cultura de aprendizaje y mejora constante al adoptar una mentalidad de mejora continua. Esto resulta en una gestión de riesgos más avanzada y avanzada a lo largo del tiempo. Finalmente, la gestión de riesgos efectiva ayuda a las organizaciones a reducir los peligros potenciales y aprovechar las oportunidades emergentes, lo que fortalece su posición en el mercado y su capacidad para lograr sus objetivos estratégicos con éxito.

## 8.1 Aplicabilidad

Una vez explicado con detalle cómo se debe llevar a cabo esta gestión de riesgos en los proyectos, se ha procedido a aplicarlo sobre un proyecto actual. Cada una de las fases del proyecto, que se ha identificado con claridad a través del diagrama de Gantt, llevará a cabo una función específica.

En la primera fase, la Planificación y Desarrollo de Ingeniería, los ingenieros y arquitectos realizan una identificación meticulosa de los riesgos. Este proceso se enfoca en evaluar los riesgos relacionados con el diseño del estadio y las especificaciones. Las preocupaciones abordadas incluyen la incompatibilidad entre estructuras nuevas y antiguas, la falta de cumplimiento con estándares y regulaciones, así como posibles fallas tecnológicas. Además, se señalan los riesgos potenciales asociados con permisos y regulaciones, enfatizando la importancia de un cumplimiento riguroso de las normas. Queda reflejado en esta fase, la importancia de la comunicación entre todas las partes involucradas en el proyecto.

En la etapa de destrucción de la grada existente, se realiza una evaluación de riesgos exhaustiva que considera posibles daños a las estructuras circundantes, problemas de seguridad y problemas de gestión de desechos. Se propone un análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos utilizando diagramas y simulaciones de escenarios hipotéticos porque este es un período crítico. Las medidas de mitigación como los protocolos de seguridad, las inspecciones estructurales y los planes de gestión de desechos son cruciales.

El proyecto depende de la fase de construcción de estructuras y graderíos, donde se destaca la importancia de un seguimiento continuo de los procesos de construcción. Se propone un control más exhaustivo, incluida la supervisión en tiempo real y la definición de indicadores clave de rendimiento y se enfatiza la importancia de implementar planes de contingencia ante posibles desviaciones del plan original. Se proponen reuniones regulares e informes detallados para mantener a todos informados sobre el progreso y resolver cualquier problema que surja. Se siguen así las directrices marcadas por el manual para el estudio proactivo de los riesgos, indicando las consecuencias que tendría para el proyecto tanto a nivel de rendimiento como a nivel cuantitativo (daños, costes) y se proponen protocolos de seguridad para posibles escenarios que puedan aparecer, para evitar la aparición de estos riesgos.

Se propone un enfoque similar al de la fase de construcción para la mejora y modernización de las instalaciones, pero adaptado a las características particulares de esta etapa del proyecto. El monitoreo, los planes de contingencia y la transmisión de toda la documentación recopilada a los niveles superiores de la organización son esenciales.

Durante la etapa final, las pruebas y ajustes finales, requiere un seguimiento constante de la seguridad y la calidad de las instalaciones. Se establece un protocolo para inspecciones regulares, pruebas de calidad de materiales y evaluaciones de incidentes durante el proyecto. Además, se recomienda una revisión final de la documentación y los procedimientos de gestión de riesgos para futuros proyectos similares. Las prácticas clave para mejorar la cultura de gestión de riesgos en la organización incluyen capacitación del personal y informes de mejoras basados en proyectos.

Por último, a lo largo del proyecto se utiliza un enfoque completo de gestión de riesgos, teniendo en cuenta que cada etapa ofrece la posibilidad de identificar, evaluar y reducir los riesgos potenciales. En este escenario, la NASA busca garantizar la seguridad, la eficiencia y el éxito global del proyecto, estableciendo una base sólida para la gestión de riesgos en futuros proyectos similares.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

- Administration, National Aeronautics and Space. *STANDARD FOR MODELS AND SIMULATIONS (NASA-STD-7009)*. Washington, DC 20546, 2008.
- Ali Emrouznejad, Sina Abbasi, Çiğdem Sıcakyüz. *SCOPUS*. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.sca.2023.100031>.
- Asana, Team. *Asana*. 9 de Octubre de 2022. <https://asana.com/es/resources/risk-matrix-template>.
- Dezfuli, Dr. Homayoon. *NASA Risk Management Handbook*. Washington, D.C. 20546, November 2011.
- Dr. Homayoon Dezfuli, Dr. Allan Benjamin, Mr. Christopher Everett, Mr. Gaspare Maggio, Dr. Michael Stamatelatos, Dr. Robert Youngblood. «NASA Risk Management Handbook.» Version 1.0 (November 2011).
- Morales Camprubí, Felipe. «Análisis y gestión de riesgos y oportunidades en grandes proyectos industriales.» 21 de Diciembre de 2015.
- National Aeronautics and Space Administration*. s.f. <https://sma.nasa.gov/sma-disciplines/risk-management>.
- Oscah Chakabva, Robertson Khan Tengeh. «SCOPUS.» 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2199853123002147>.
- . *The relationship between SME owner-manager characteristics and risk management strategies*. Cape Peninsula University of Technology, South Africa, 2023.
- Riveros, Alejandro. «Tipos de riesgos en gestión de proyectos.» *EALDE Business School*, s.f.
- Ryschkewitsch, Michael G. «STANDARD FOR MODELS AND SIMULATIONS.» 07-11-2008.
- Susanne Durst, Samuel Foli, Maura La Torre, Michele Borgia. *SCOPUS*. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22064>.
- Yun, Jiyeon. *SCOPUS*. s.f. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.103950>.
- Zhixue Liu, Ronggui Ding, Lei Wang, Rui Song, Xinyi Song. *SCOPUS*. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122804>.