UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

GESTIÓN DE PROYECTOS

Gestión de riesgos en un proyecto industrial

Caso didáctico según el marco del PMI

Ampliación de una planta de procesamiento de alimentos

Desarrollo de la gestión de riesgos y anexo de estimación de reservas de contingencia

Caso desarrollado por la Cátedra en forma conjunta con IA – ChatGPT

Índice

Caso didáctico según el marco del PMI 3
El proyecto y sus condiciones 3
Alcance 4
Introducción a la Gestión de Riesgos 5
1 Planificar la gestión de los riesgos 6
2 Identificar los riesgos 7
3 Realizar el análisis cualitativo 9
4 Realizar el análisis cuantitativo 10
5 Planificar la respuesta a los riesgos 13
6 Implementar la respuesta a los riesgos 17
7 Monitorear los riesgos 18
Cierre del caso y aprendizaje 19
Referencias 19
Anexo A Estimación de la reserva de contingencia 20
A1 Definir los riesgos y calcular la exposición inicial 22
A2 Incorporar las respuestas y estimar el riesgo residual 24
A3 Construir los escenarios de sobrecosto residual 26
A4 Distribución completa del costo residual 27
A5 Elegir el nivel de cobertura de la reserva 28
A6 Integrar la reserva al presupuesto del caso 30
A7 Utilizar la reserva y revisar su suficiencia 31
Referencias del anexo 31

Caso didáctico según el marco del PMI

Este caso de construcción y puesta en marcha de una planta industrial permite recorrer la gestión de riesgos completa: cómo se organiza, cómo se identifican y analizan las incertidumbres, cómo se deciden e implementan respuestas y cómo se verifica su eficacia durante el proyecto.

El desarrollo utiliza los siete procesos del área de conocimiento Gestión de los Riesgos del Proyecto del PMBOK, sexta edición (PMI, 2017). Conviene distinguir este encuadre de la organización actual: la octava edición, publicada en noviembre de 2025, presenta riesgos como un dominio de desempeño. Se conserva aquí la estructura de siete procesos para facilitar su explicación.

Todos los datos del caso son ficticios. Los valores monetarios son representativos y no deben utilizarse como parámetros de costos actuales.

El proyecto y sus condiciones

Una empresa de procesamiento de alimentos necesita incrementar su capacidad antes de la siguiente temporada de producción. Para ello construirá una nave industrial de 2.000 m² e instalará una nueva línea de procesamiento.

Aspecto	Condición del proyecto
Alcance	Ingeniería, permisos, fundaciones, estructura, instalaciones, equipos, automatización, pruebas y capacitación.
Estimación inicial	USD 4.000.000, antes de respuestas adicionales y reservas.
Plazo objetivo	12 meses.
Resultado esperado	Línea operativa con capacidad de 20 toneladas por hora y calidad de producto verificada.
Restricción operativa	La planta existente debe continuar funcionando. La conexión final dispone de una parada de 48 horas.
Adquisición crítica	Equipo importado cuya entrega condiciona el montaje y las pruebas.
Organización	Comitente, director del proyecto, contratista civil, proveedores e integrador de automatización.
Enfoque	Predominantemente predictivo, con pruebas progresivas de automatización.

Al iniciar la planificación, el patrocinador pregunta: «¿Podemos asegurar que la planta estará operativa dentro de doce meses?».

El director explica que el cronograma representa una previsión basada en supuestos. Para evaluar la confianza en esa fecha deben estudiar, entre otras cuestiones, la entrega de equipos, el terreno, la conexión con la planta existente y el desempeño durante las pruebas.

Alcance

Para el proyecto de **ampliación de la planta de procesamiento de alimentos**, la EDT puede organizarse por entregables. Comprende la nave industrial de **2.000 m²**, la nueva línea de **20 toneladas por hora** y su integración con la planta existente, cuya conexión final dispone de una parada máxima de **48 horas**.

La siguiente propuesta llega hasta el **nivel 3**, donde se ubican los paquetes de trabajo. Cada uno podrá descomponerse posteriormente en actividades para elaborar el cronograma.

EDT propuesta — 1.0 Ampliación de la planta industrial (grafico de EDT)

Nivel 2 — Entregable principal	Código	Nivel 3 — Paquete de trabajo
1.1 Dirección y gestión del proyecto	1.1.1	Plan integrado y líneas base aprobadas
	1.1.2	Informes de seguimiento y control de alcance, plazo y costo
	1.1.3	Registro de riesgos y seguimiento de respuestas
	1.1.4	Documentación de adquisiciones y administración contractual
	1.1.5	Documentación de cierre y lecciones aprendidas
1.2 Ingeniería y autorizaciones	1.2.1	Relevamiento topográfico y estudio geotécnico
	1.2.2	Relevamiento de servicios e interfaces con la planta existente
	1.2.3	Ingeniería de arquitectura, estructura y fundaciones
	1.2.4	Ingeniería de instalaciones y servicios auxiliares
	1.2.5	Ingeniería de proceso y automatización
	1.2.6	Permisos y autorizaciones aplicables
1.3 Predio preparado y obras exteriores	1.3.1	Obrador e instalaciones temporales habilitados
	1.3.2	Terreno acondicionado y plataformas ejecutadas
	1.3.3	Drenajes pluviales exteriores ejecutados
	1.3.4	Accesos y áreas exteriores de circulación terminados
1.4 Nave industrial terminada	1.4.1	Fundaciones y anclajes ejecutados
	1.4.2	Estructura resistente montada
	1.4.3	Cubierta y cerramientos instalados
	1.4.4	Pisos industriales y bases de equipos terminados
	1.4.5	Divisiones, aberturas y terminaciones sanitarias completadas
1.5 Instalaciones y servicios auxiliares disponibles	1.5.1	Distribución eléctrica, puesta a tierra e iluminación instaladas
	1.5.2	Redes de agua de proceso y servicios sanitarios instaladas
	1.5.3	Red de aire comprimido instalada

Nivel 2 — Entregable principal	Código	Nivel 3 — Paquete de trabajo
	1.5.4	Sistemas de ventilación y acondicionamiento requeridos instalados
	1.5.5	Sistemas de protección contra incendios instalados
	1.5.6	Desagües y conducción de efluentes instalados
1.6 Línea de procesamiento instalada	1.6.1	Equipo importado inspeccionado en fábrica y recibido en obra
	1.6.2	Equipos complementarios recibidos y verificados
	1.6.3	Equipos posicionados, nivelados y fijados
	1.6.4	Interconexiones mecánicas y tuberías de proceso terminadas
	1.6.5	Conexiones eléctricas de potencia de los equipos terminadas
1.7 Sistema de automatización integrado	1.7.1	Tableros de control e instrumentación instalados
	1.7.2	Software de control y supervisión configurado
	1.7.3	Interfaces entre equipos y control verificadas en fábrica
	1.7.4	Comunicaciones, señales y enclavamientos verificados en campo
1.8 Conexión con la planta existente completada	1.8.1	Plan de conexión, parada y reversión aprobado
	1.8.2	Preconexiones y preparativos exteriores a la parada terminados
	1.8.3	Conexiones finales ejecutadas durante la parada autorizada
	1.8.4	Servicios existentes restablecidos y continuidad operativa verificada
1.9 Planta ampliada probada y puesta en marcha	1.9.1	Pruebas de instalaciones y servicios auxiliares aceptadas
	1.9.2	Pruebas en vacío y de seguridad funcional aceptadas
	1.9.3	Pruebas con producto y ajustes de operación completados
	1.9.4	Verificación capacidad de 20 t/h y calidad del producto.
1.10 Transferencia a operaciones y entrega final	1.10.1	Operadores y personal de mantenimiento capacitados
	1.10.2	Planos conforme a obra, manuales y garantías entregados
	1.10.3	Pendientes de recepción resueltos
	1.10.4	Obrador retirado y áreas intervenidas restituidas
	1.10.5	Acta de recepción y transferencia a operaciones firmada

Introducción a la Gestión de Riesgos

Un riesgo es: ***un evento o condición incierta que, si ocurre, afecta uno o más objetivos del proyecto***. Ese efecto puede ser negativo, como amenaza, o positivo, como oportunidad. Ejemplos:

- Que el equipo importado pueda llegar tarde es una amenaza.
- Que un proveedor disponga de módulos prefabricados capaces de reducir el plazo es una oportunidad.
- Que el equipo ya haya incumplido su fecha de entrega es un problema ocurrido, que requiere gestión inmediata.

- Que el terreno tenga una determinada capacidad portante, todavía no comprobada suficientemente, es un supuesto cuya incertidumbre puede originar riesgos.

Se distingue el riesgo individual, como una demora de suministro, del riesgo general del proyecto: la exposición conjunta a la incertidumbre y sus efectos sobre el resultado global. Una obra puede tener sus riesgos individuales atendidos y, aun así, mantener una fecha de terminación poco confiable por la acumulación de incertidumbres.

Los siete procesos se aplican de manera relacionada y repetitiva, no como una secuencia que se completa una sola vez.

Proceso	Pregunta que responde
1. Planificar la gestión de los riesgos	¿Cómo vamos a gestionar la incertidumbre?
2. Identificar los riesgos	¿Qué podría suceder y cómo afectaría al proyecto?
3. Realizar el análisis cualitativo	¿Qué riesgos requieren mayor atención?
4. Realizar el análisis cuantitativo	¿Cuánto pueden afectar los resultados y con qué probabilidad?
5. Planificar la respuesta a los riesgos	¿Qué acciones conviene adoptar?
6. Implementar la respuesta a los riesgos	¿Se están ejecutando las acciones acordadas?
7. Monitorear los riesgos	¿Qué cambió y están funcionando las respuestas?

1 Planificar la gestión de los riesgos

Planificar significa acordar las reglas antes de evaluar los eventos. En este caso el director reúne al patrocinador/sponsor, responsables técnicos, compras, operaciones y contratistas. Revisan el acta de constitución, los objetivos, las restricciones, los interesados y las experiencias de obras semejantes.

El resultado es el plan de gestión de los riesgos, que establece lo siguiente:

Elemento	Aplicación al caso
Metodología	Talleres, entrevistas, revisión de supuestos, matriz de probabilidad e impacto y análisis cuantitativo de las principales incertidumbres.

Elemento	Aplicación al caso
Responsabilidad general	El director integra la gestión de riesgos con alcance, cronograma, costos, calidad y adquisiciones.
Dueños de los riesgos	Cada riesgo tiene una persona responsable de vigilarlo y coordinar su respuesta.
Responsables de acciones	Ejecutan tareas concretas; pueden ser distintos del dueño del riesgo.
Frecuencia	Revisión semanal de riesgos críticos y mensual del conjunto.
Revisiones extraordinarias	Ante cambios de diseño, contratos, proveedores, secuencia de obra o condiciones de ejecución.
Recursos	Horas de especialistas y presupuesto para estudios, análisis y reuniones.
Comunicación	Registro detallado para el equipo e informe de exposición general para el patrocinador.
Autoridad	El director actúa dentro de límites aprobados; las decisiones que los exceden se elevan al patrocinador.

El patrocinador/sponsor establece una baja disposición a asumir riesgos de interrupción de la planta existente y una mayor disposición a invertir en soluciones que acorten el montaje.

Esa actitud se convierte en umbrales concretos: cualquier amenaza que pueda superar las 48 horas de parada debe elevarse al patrocinador y a operaciones. Los riesgos de seguridad graves requieren atención prioritaria independientemente de su puntuación económica.

El plan de gestión de riesgos define cómo se trabajará; el registro de riesgos documenta qué incertidumbres se han identificado.

2 Identificar los riesgos

Identificar consiste en reconocer las causas, el evento incierto y sus consecuencias. En este caso el equipo revisa la estructura de desglose del trabajo (EDT), el cronograma, los planos, las interfaces, las especificaciones, los contratos y los supuestos.

Los miembros del equipo utilizan una estructura de desglose de riesgos (RBS) con categorías técnicas, geotécnicas, de abastecimiento, operativas, ambientales, comerciales y organizacionales. Esta clasificación ayuda por ejemplo a evitar que la identificación se limite a accidentes o demoras de obra.

Cada riesgo se redacta con la estructura: **«Debido a una causa, podría ocurrir un evento incierto, que produciría una consecuencia sobre los objetivos»**.

ID	Causa y evento incierto	Consecuencia posible	Dueño
R1	La exploración geotécnica cubre pocos puntos; podrían aparecer sectores con capacidad portante inferior a la prevista.	Rediseño de fundaciones, sobrecosto y demora.	Ingeniería civil.
R2	El equipo depende de una cadena de suministros internacional; podría entregarse después de la fecha requerida.	Demora de montaje y puesta en marcha.	Compras.
R3	Los planos de servicios existentes están incompletos; podrían encontrarse interferencias durante la conexión.	Parada superior a 48 horas y pérdida de producción.	Operaciones.
R4	Se prevén tareas exteriores en un período de lluvias; podrían ocurrir precipitaciones que excedan las condiciones consideradas.	Menor productividad y daño a trabajos ejecutados.	Jefe de obra.
R5	El equipo y el sistema de control provienen de empresas diferentes; podrían aparecer incompatibilidades de comunicación.	Retrabajos y fallas durante las pruebas.	Automatización.
R6	Se necesita una cuadrilla especializada en una fecha exigente; podría no estar disponible.	Demora del montaje electromecánico.	Montaje.
O1	Un proveedor tiene capacidad disponible; podría suministrar módulos prefabricados dentro de la ventana requerida.	Reducción del trabajo en obra y del plazo.	Ingeniería.
O2	Otro proyecto comprará componentes equivalentes; podrían coordinarse las adquisiciones.	Descuento por volumen y menores costos logísticos.	Compras.

Nota: una mejor definición de los riesgos debería indicar parámetros límites, o desvíos de lo planificado.

El registro debería incorporar, además, fecha, estado, supuestos relacionados, posibles respuestas e información disponible. En este caso los dueños indicados corresponden a los responsables de cada función.

La identificación continúa durante toda la ejecución. Por ejemplo: elegir módulos prefabricados puede reducir exposición a lluvias, pero introducir riesgos de transporte, tolerancias e izaje.

La relación con los riesgos identificados permite asignar sus respuestas a paquetes concretos:

Riesgo u oportunidad	Paquetes relacionados
R1. Condiciones del terreno	1.2.1 y 1.2.3
R2. Entrega tardía del equipo	1.6.1
R3. Interferencias durante la conexión	1.2.2 y 1.8.1–1.8.4
R4. Lluvias	1.3 y 1.4
R5. Incompatibilidad de automatización	1.7.3 y 1.7.4
R6. Indisponibilidad de cuadrilla	1.6.3–1.6.5

Riesgo u oportunidad	Paquetes relacionados
O1. Prefabricación	1.2.3 y 1.4.2–1.4.3
O2. Compras conjuntas	1.1.4 y paquetes de suministro afectados

3 Realizar el análisis cualitativo

El análisis cualitativo permite priorizar los riesgos. El equipo estima probabilidad e impacto, documentando la evidencia y el grado de confianza de cada valoración.

Para este caso se utiliza una escala de cinco niveles:

Valor	Probabilidad	Impacto en costo	Impacto en plazo
1	Hasta 10 %	Hasta USD 20.000	Hasta 2 días
2	Más de 10 % hasta 30 %	Más de USD 20.000 hasta 50.000	Más de 2 hasta 5 días
3	Más de 30 % hasta 50 %	Más de USD 50.000 hasta 100.000	Más de 5 hasta 10 días
4	Más de 50 % hasta 70 %	Más de USD 100.000 hasta 200.000	Más de 10 hasta 20 días
5	Más de 70 %	Más de USD 200.000	Más de 20 días

El impacto en costo representa el adicional si el evento ocurre. Para oportunidades se evalúa la magnitud del beneficio. En esta simplificación se adopta el mayor nivel entre costo y plazo. Calidad, seguridad y continuidad operativa tienen criterios específicos que pueden imponer una prioridad superior.

La puntuación se calcula multiplicando el nivel de probabilidad por el nivel de impacto: P × I. Se consideran bajas las puntuaciones de 1 a 4; medias, de 5 a 9; y altas, de 10 a 25. (estas escalas son decisiones del equipo de proyecto de este caso).

Riesgo	P	I	P × I	Tratamiento inicial
R1. Terreno	2	4	8	Media; investigar antes de cerrar el diseño.
R2. Equipo	3	5	15	Alta.
R3. Conexión	2	5	10	Alta y revisión con operaciones.
R4. Lluvias	3	3	9	Media.
R5. Automatización	3	4	12	Alta.
R6. Cuadrilla	2	4	8	Media.

Riesgo	P	I	P × I	Tratamiento inicial
O1. Prefabricación	4	4	16	Oportunidad prioritaria.
O2. Compra conjunta	3	3	9	Evaluar antes de emitir órdenes.

Para un análisis completo también debería evaluarse la urgencia, la proximidad del evento, la capacidad de intervención y la calidad de los datos. R1, aunque tiene prioridad media, requiere una decisión inmediata porque las fundaciones están próximas a contratarse.

La puntuación sirve para ordenar atención. Un resultado de 15 no representa una probabilidad del 15 % ni una pérdida de USD 15.000.

4 Realizar el análisis cuantitativo

El análisis cuantitativo traduce las incertidumbres a posibles resultados de costo y plazo. Se aplica cuando su utilidad justifica el esfuerzo y existen datos razonables. En esta obra resulta pertinente por la inversión y por la sensibilidad de la fecha de puesta en marcha.

Primero se realiza un cálculo sencillo de valor monetario esperado (VME) para dos amenazas (a modo de ejemplo simplificado). El VME se obtiene multiplicando la probabilidad de ocurrencia por el impacto monetario.

Riesgo	Probabilidad	Sobrecosto si ocurre	VME de sobrecosto
R1. Terreno	30 %	USD 120.000	USD 36.000
R2. Equipo	40 %	USD 200.000	USD 80.000
Total del ejemplo			USD 116.000

El impacto de R2 incluye costos adicionales del proyecto, como prolongación y reorganización. Las pérdidas comerciales del negocio se evaluarían separadamente para evitar mezclarlas con el presupuesto de obra.

Los USD 116.000 son una media probabilística. No son el costo que necesariamente ocurrirá ni una reserva suficiente para cualquier nivel de confianza.

Para mostrarlo, se consideran ambos eventos independientes y de impacto fijo:

Escenario	Probabilidad	Sobrecosto
No ocurre ninguno	70 % × 60 % = 42 %	USD 0
Ocurre solamente R1	30 % × 60 % = 18 %	USD 120.000

Escenario	Probabilidad	Sobrecosto
Ocurre solamente R2	70 % × 40 % = 28 %	USD 200.000
Ocurren ambos	30 % × 40 % = 12 %	USD 320.000

Una reserva de USD 116.000 cubriría completamente únicamente el escenario sin eventos: el 42 % de los resultados de este modelo simplificado. Una reserva de USD 200.000 cubriría el 88 %. Esto muestra por qué la reserva no debe determinarse automáticamente sumando valores esperados.

Explicación de lo propuesto:

La tabla se obtiene **combinando los cuatro escenarios posibles de los riesgos R1 y R2**. Es importante distinguir entre los datos de entrada —probabilidades e impactos estimados— y los resultados calculados a partir de ellos.

1. ¿De dónde salen las probabilidades y los impactos iniciales?

En el caso se adoptaron estos valores:

Riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Sobrecosto si ocurre
R1. Condiciones del terreno diferentes de las previstas	30 %	USD 120.000
R2. Entrega tardía del equipo importado	40 %	USD 200.000

Estos datos son supuestos didácticos: el caso no presenta evidencia empírica que justifique esos valores específicos. No se calculan a partir de los USD 116.000 ni se obtienen directamente de la puntuación de la matriz cualitativa.

En un proyecto real se estimarían de la siguiente manera:

Dato	Cómo se podría estimar
Probabilidad de R1	Estudios geotécnicos, cobertura de los sondeos, antecedentes de terrenos similares y juicio de especialistas.
Impacto de R1	Presupuesto del rediseño y refuerzo de fundaciones, trabajos adicionales y efectos de la demora.
Probabilidad de R2	Historial de entregas del proveedor, estado de fabricación y condiciones de la cadena de suministro.
Impacto de R2	Costos adicionales por prolongación de obra, recursos ociosos, reorganización del montaje y otras consecuencias sobre el presupuesto del proyecto.

El impacto es el **sobrecosto condicionado a que ocurra el evento**, no su valor esperado.

2. ¿Cómo se calculan las probabilidades de los cuatro escenarios?

Si R1 tiene una probabilidad de ocurrir del 30 %, su probabilidad de **no ocurrir** es:

100 % − 30 % = 70 %.

Para R2, la probabilidad de no ocurrir es:

100 % − 40 % = 60 %.

El ejemplo supone que los eventos son **independientes**: que ocurra uno no cambia la probabilidad de que ocurra el otro. Bajo ese supuesto, se multiplican las probabilidades correspondientes:

Escenario	Cálculo de la probabilidad	Resultado
No ocurre ninguno	70 % × 60 %	**42 %**
Ocurre solamente R1	30 % × 60 %	**18 %**
Ocurre solamente R2	70 % × 40 %	**28 %**
Ocurren ambos	30 % × 40 %	**12 %**
Total		**100 %**

Por ejemplo, “ocurre solamente R1” requiere dos condiciones simultáneas: **que ocurra R1 y que no ocurra R2**. Por eso se calcula 0,30 × 0,60 = 0,18.

La independencia es una simplificación del ejercicio. Si existiera dependencia, habría que utilizar probabilidades condicionadas.

3. ¿Cómo se definen los impactos de cada escenario?

Además de independencia, el modelo supone **impactos fijos y aditivos**: cada riesgo genera siempre el importe indicado cuando ocurre y, si ocurren ambos, los importes se suman sin superposiciones.

Escenario	Cálculo del sobrecosto	Sobrecosto total
No ocurre ninguno	0 + 0	**USD 0**
Ocurre solamente R1	120.000 + 0	**USD 120.000**
Ocurre solamente R2	0 + 200.000	**USD 200.000**
Ocurren ambos	120.000 + 200.000	**USD 320.000**

En un análisis real, los impactos pueden variar. Además, antes de sumarlos se debe comprobar que no incluyan costos duplicados, como los mismos días de prolongación de obra.

4. ¿Cómo se relaciona esta tabla con los USD 116.000?

El valor esperado es el promedio ponderado de los sobrecostos posibles:

VME = (0,42 × 0) + (0,18 × 120.000) + (0,28 × 200.000) + (0,12 × 320.000)

VME = USD 116.000.

Ese promedio **no coincide con ninguno de los cuatro resultados posibles**. Una reserva de USD 116.000 cubre únicamente el escenario sin eventos, porque el menor sobrecosto cuando ocurre alguno es USD 120.000. Por eso su cobertura en este modelo es del **42 %**.

Una reserva de **USD 200.000**, en cambio, cubre los tres primeros escenarios:

42 % + 18 % + 28 % = 88 %.

Así, la tabla muestra que **el valor esperado y el nivel de cobertura de una reserva son conceptos diferentes**.

Para estudiar el proyecto completo se utilizaría una simulación de Monte Carlo sobre la red del cronograma y el modelo de costos. El procedimiento sería:

1. Asignar distribuciones a duraciones y costos inciertos.
2. Incorporar eventos de riesgo y sus efectos.
3. Representar dependencias, como un atraso de suministro que desplaza el montaje a una temporada menos favorable.
4. Simular múltiples resultados.
5. Obtener probabilidades de cumplimiento y percentiles de costo y fecha.
6. Comparar escenarios antes y después de las respuestas.

Un P80 de terminación es una fecha que el modelo estima alcanzar o mejorar en el 80 % de las simulaciones. No garantiza el cumplimiento. En este caso no se ha ejecutado una simulación, por lo que no se atribuyen resultados P80 al proyecto completo.

El análisis de sensibilidad permitiría identificar qué variables explican mayor variación de los resultados. El efecto de las demoras debe calcularse sobre la red: no corresponde sumar todos los días de riesgo, porque existen actividades paralelas, holguras y cambios de camino crítico.

5 Planificar la respuesta a los riesgos

Planificar las respuestas implica seleccionar acciones viables, asignar responsables y evaluar la exposición que permanece. Las estrategias para amenazas se aplican así:

Estrategia	Significado	Ejemplo
Evitar	Eliminar la amenaza mediante un cambio de enfoque.	Rediseñar el trazado para no intervenir un servicio activo cuya interrupción sería inaceptable.
Mitigar	Reducir probabilidad o impacto.	Hacer pruebas de integración antes de enviar los equipos.

Estrategia	Significado	Ejemplo
Transferir	Asignar a un tercero determinadas consecuencias y responsabilidades.	Contratar cobertura para daños durante el transporte.
Aceptar	Asumir conscientemente la exposición.	Mantener vigilancia y una contingencia para interrupciones meteorológicas menores.

Transferir un riesgo no elimina necesariamente su efecto sobre la fecha: una compensación económica no recupera por sí sola una entrega tardía.

Para oportunidades se consideran las siguientes estrategias:

Estrategia	Significado	Ejemplo
Explotar	Actuar para asegurar la oportunidad identificada.	Confirmada la viabilidad técnica, contratar y reservar los módulos disponibles antes de perder la ventana.
Mejorar	Aumentar probabilidad o beneficio.	Adelantar aprobaciones de ingeniería para favorecer la prefabricación.
Compartir	Involucrar a un tercero mejor situado para capturar el beneficio.	Acordar con un proveedor el desarrollo modular y la distribución de ahorros.
Aceptar	Aprovecharla si aparece sin acciones proactivas especiales.	Utilizar un descuento adicional si se ofrece en una compra prevista.

Las respuestas seleccionadas se concretan en un plan:

Riesgo	Estrategia adoptada	Acción prevista	Responsable y momento	Evidencia
R1	Mitigar	Ampliar exploración y revisar fundaciones.	Especialista geotécnico, antes de aprobar el diseño.	Informe y diseño revisado.
R2	Mitigar	Inspeccionar fabricación y comprobar hitos.	Inspector de compras, durante fabricación.	Avance verificado y fecha actualizada.
R3	Mitigar	Relevar servicios y ensayar la secuencia de conexión.	Operaciones, antes de autorizar la parada.	Plan de conexión y reversión validado.
R5	Mitigar	Probar interfaces en fábrica con ambos proveedores.	Integrador de automatización, antes del despacho.	Protocolos aceptados.
R6	Mitigar	Reservar la cuadrilla y verificar una alternativa.	Montaje, antes del período de demanda.	Disponibilidad confirmada.

Riesgo	Estrategia adoptada	Acción prevista	Responsable y momento	Evidencia
O1	Mejorar	Validar diseño, transporte e izaje de módulos.	Ingeniería, antes de contratar.	Solución aprobada e incorporada al cronograma.

Para R2 se desarrolla una respuesta completa:

- Acción preventiva: seguimiento e inspección de fabricación.
- Disparador: atraso verificado superior a siete días en un hito crítico.
- Contingencia: activar un envío parcial y reordenar el montaje para trabajar en sectores disponibles.
- Plan alternativo: si esa respuesta resulta insuficiente, evaluar un equipo temporal compatible, sujeto a validación técnica y autorización.
- Riesgo residual: todavía puede producirse una demora menor.
- Riesgo secundario: el envío parcial puede generar faltantes o errores de identificación.
- Control del riesgo secundario: trazabilidad de componentes y verificación previa al despacho.

El disparador permite intervenir antes de que el daño sea irreversible. No es necesario esperar al incumplimiento final de la entrega.

También se compara el costo de actuar. Si una respuesta a R2 cuesta USD 25.000 y reduce su probabilidad al 15 % y su impacto a USD 100.000, el riesgo presenta un costo esperado residual de (0,15 × USD 100.000) USD 15.000, que debería considerarse en una reserva de contingencia. El costo esperado con respuesta es: USD 25.000 + 15.000 = USD 40.000.

Frente a USD 80.000 de exposición inicial, la alternativa presenta una reducción esperada neta de USD 40.000. La decisión debe considerar además viabilidad, plazo, consecuencias operativas y confiabilidad de las estimaciones.

Relación con el presupuesto: las reservas se distinguen del costo de ejecutar las respuestas. Para ilustrarlo, se supone que se aprueba el siguiente presupuesto:

Componente	Importe
Estimación inicial de trabajos	USD 4.000.000
Respuestas planificadas adicionales	USD 100.000
Reserva de contingencia	USD 250.000
Línea base de costos	USD 4.350.000
Reserva de gestión	USD 150.000
Presupuesto total	USD 4.500.000

Estos importes son supuestos presupuestarios didácticos; la reserva de USD 250.000 no se deduce del ejemplo cuantitativo de dos riesgos.

La contingencia se vincula con riesgos identificados y exposición analizada. La reserva de gestión atiende trabajo imprevisto dentro del alcance y queda fuera de la línea base de costos. Su utilización requiere la autorización correspondiente y el ajuste formal de la línea base.

Otros planteos de respuestas a los riesgos.

Ejemplo 1: evitar el riesgo R3: interferencias durante la conexión con la planta existente, que podrían provocar una parada superior a las 48 horas permitidas.

Respuesta de evitación: modificar el diseño para que la nueva línea disponga de servicios auxiliares independientes —alimentación eléctrica, agua y aire comprimido—, eliminando la necesidad de intervenir las redes existentes durante la conexión.

Elemento	**Aplicación al caso**
Estrategia	Evitar.
Acción	Rediseñar y construir servicios independientes para la nueva línea.
Responsable y momento	Ingeniería y operaciones, antes de aprobar el diseño definitivo.
Evidencia	Diseño aprobado que demuestra que no se requiere intervenir los servicios de la planta existente.

La estrategia es **evitar** porque elimina la intervención que origina esa amenaza. En cambio, relevar las instalaciones y ensayar la conexión —la respuesta prevista originalmente— corresponde a **mitigar**, porque reduce la probabilidad o el impacto, pero mantiene la exposición.

Esta alternativa debe evaluarse por su costo, factibilidad y posibles riesgos nuevos. Si todavía fueran necesarias conexiones con las redes existentes, no podría considerarse eliminado completamente R3.

Ejemplo 2: transferir parte del impacto económico del riesgo R2: entrega tardía del equipo importado.

Respuesta de transferencia: incorporar al contrato una cláusula de penalidades por retrasos imputables al proveedor, con fechas de entrega, condiciones de aplicación y montos claramente definidos.

Elemento	**Aplicación al caso**
Estrategia	Transferir parcialmente.
Acción	Acordar que el proveedor asuma una compensación económica por cada día de atraso atribuible a su responsabilidad.
Responsable y momento	Compras, con asesoramiento legal, antes de firmar el contrato.
Evidencia	Contrato firmado con hitos, penalidades y condiciones de aplicación.

Por ejemplo, si se acuerda una penalidad de **USD 2.000 por día** y ocurre un atraso de diez días alcanzado por la cláusula, la compensación sería de **USD 20.000**, sujeta al límite contractual.

Es **transferir** porque el proveedor asume una parte de las consecuencias económicas. La demora y sus efectos sobre el cronograma continúan siendo una exposición del proyecto; por eso se mantiene la **mitigación** mediante inspecciones y seguimiento de fabricación.

Ejemplo 3: aceptar el riesgo R4: lluvias que interrumpan temporalmente los trabajos exteriores.

Respuesta de aceptación activa: el equipo evalúa que, para interrupciones breves, el costo de instalar una cubierta temporal supera el beneficio esperado. Decide conservar esa exposición y establecer una reserva de contingencia y un procedimiento de actuación.

Elemento	Aplicación al caso
Estrategia	Aceptar activamente.
Acción	Prever recursos de contingencia para afrontar los costos de interrupción y reinicio de las tareas.
Disparador	Lluvias que obliguen a suspender los trabajos exteriores según los criterios de seguridad establecidos.
Responsable	Jefe de obra, con autorización del director para utilizar la reserva.
Evidencia	Decisión documentada, reserva aprobada y procedimiento de actuación definido.

Por ejemplo, se acepta que puedan producirse **dos días de interrupción**, con un costo adicional estimado de **USD 3.000 por día**. Para cubrir ese escenario se asignan **USD 6.000 de contingencia**. Es un supuesto didáctico; la reserva definitiva debe surgir del análisis de los posibles escenarios.

Es **aceptar** porque se decide asumir conscientemente la exposición. La reserva permite afrontar sus consecuencias económicas, pero no reduce por sí misma la probabilidad de lluvia ni los días de interrupción. La aceptación se refiere al efecto sobre costo y plazo; las condiciones de seguridad siguen siendo obligatorias.

Ejemplo 4: respuestas a las Oportunidades

O1, prefabricación de módulos, y **O2, compras conjuntas**. Los siguientes ejemplos representan alternativas de respuesta; no implican adoptar todas simultáneamente.

Estrategia	Ejemplo aplicado al caso	Por qué corresponde
Explotar	**O1:** confirmada la viabilidad técnica, modificar el método constructivo para utilizar módulos prefabricados, contratar su suministro y reservar la capacidad de fabricación disponible.	Se actúa para **asegurar el aprovechamiento de la oportunidad**, incorporando la prefabricación al plan aprobado.
Mejorar	**O1:** adelantar la aprobación de planos y estandarizar dimensiones para aumentar la cantidad de componentes que pueden prefabricarse.	Se busca **aumentar la probabilidad de aprovechar la oportunidad o ampliar su beneficio**, aunque todavía no se asegura su concreción.
Compartir	**O2:** establecer un acuerdo con el otro proyecto para	Se asignan responsabilidades y beneficios

Estrategia	Ejemplo aplicado al caso	Por qué corresponde
	consolidar pedidos, negociar conjuntamente y distribuir los descuentos y los ahorros logísticos según la participación de cada uno.	a un socio que permite **capturar conjuntamente la oportunidad**.
Aceptar	**O2:** mantener la compra individual prevista y aprovechar un descuento por volumen si compras informa que otro pedido compatible coincide con la fecha requerida, sin realizar gestiones adicionales para producir esa coincidencia.	Se decide **aprovechar el beneficio si aparece**, sin actuar proactivamente para asegurar o aumentar su ocurrencia.

La diferencia central entre **explotar** y **mejorar** es el propósito de la respuesta: explotar busca asegurar la oportunidad; mejorar busca hacerla más probable o más beneficiosa. Esto no significa que explotar elimine todos los riesgos de ejecución asociados.

6 Implementar la respuesta a los riesgos

Implementar significa ejecutar lo aprobado.

- El director incorpora los estudios, inspecciones y pruebas a la EDT, al cronograma, al presupuesto y a los contratos.
- Durante el segundo mes comprueba que el estudio geotécnico adicional está aprobado, pero todavía no fue contratado. Por tanto, R1 no puede considerarse reducido: la intención de actuar no modifica la exposición real.
- Se emite la contratación, se realizan los sondeos y se revisa el diseño. Solo después se reevalúa el riesgo.
- Lo mismo sucede con las pruebas de automatización: deben contar con recursos, fecha, participantes y criterios de aceptación. Una respuesta escrita en el registro, sin ejecución verificable, sigue siendo una acción pendiente.

Cuando una respuesta exige modificar una línea base aprobada, se tramita mediante el control integrado de cambios.

7 Monitorear los riesgos

Monitorear permite comprobar si las respuestas funcionan y detectar cambios. En el quinto mes se presentan tres situaciones:

Situación observada	Actuación
El proveedor acumula diez días de atraso en fabricación.	Se activa la contingencia de R2 y se actualiza la previsión de entrega.
Las pruebas anticipadas detectan incompatibilidades.	Se registra el problema, se corrige y se repiten las pruebas antes del despacho.
La prefabricación resulta técnicamente viable.	Se actualizan las estimaciones de beneficio y se controlan transporte e izaje.

El atraso ya verificado se gestiona como un problema. La incertidumbre sobre cuánto afectará la entrega final continúa siendo un riesgo.

En cada revisión se comprueba:

- Evolución de probabilidad e impacto.
- Acciones vencidas y evidencias de ejecución.
- Aparición de riesgos nuevos, secundarios o residuales.
- Vigencia de supuestos y disparadores.
- Consumo y suficiencia de reservas.
- Cambios en la probabilidad de cumplir costo y fecha.
- Riesgos que pueden cerrarse porque su período de exposición terminó.

Una auditoría de riesgos examina la eficacia del proceso: si participan las personas adecuadas, si se comunican los cambios y si las respuestas se ejecutan oportunamente.

El registro contiene el detalle de cada riesgo. El informe de riesgos presenta al patrocinador la exposición general, las tendencias, las principales amenazas y oportunidades y las decisiones necesarias.

Cierre del caso y aprendizaje

Supongamos que el equipo llega ocho días tarde, pero el envío parcial y la reorganización limitan el efecto sobre la terminación a tres días. Las pruebas anticipadas evitan trasladar incompatibilidades a la puesta en marcha. La prefabricación reduce trabajo en campo, aunque parte del beneficio se utiliza para absorber otros desvíos.

El resultado muestra que una respuesta puede ser eficaz aunque el evento ocurra: su objetivo puede consistir en reducir el impacto.

Al cerrar el proyecto se documentan las diferencias entre estimaciones y resultados, los costos de respuesta, las contingencias utilizadas y las lecciones aprendidas. Los riesgos que continúan durante la operación se transfieren formalmente al responsable de la planta.

Gestionar riesgos exige conectar incertidumbres con decisiones, responsables, recursos y resultados verificables. El registro y la matriz son instrumentos; su utilidad se concreta cuando modifican oportunamente la manera de diseñar, contratar, construir y poner en marcha el proyecto.

Referencias

Project Management Institute. (2017). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) (6th ed.). Capítulo 11, Project Risk Management.

Project Management Institute. (2025). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) (8th ed.). Referencia para la actualización del encuadre editorial. https://www.pmi.org/standards/pmbok

Anexo A Estimación de la reserva de contingencia

Caso de ampliación de una planta industrial de alimentos

Este anexo complementa el documento Gestión de riesgos en un proyecto industrial. Desarrolla el cálculo de una reserva monetaria vinculada con las seis amenazas R1 a R6 del caso y muestra cómo cambia la exposición después de aplicar respuestas. El propósito es diferenciar costo de prevención, valor monetario esperado, reserva de contingencia y reserva de gestión.

Resultado del ejercicio

Bajo los supuestos definidos, la reserva P80 después de las respuestas es USD 120.000. Ese importe cubre completamente el sobrecosto residual modelado en el 83,56 % de los escenarios ponderados por probabilidad. El valor monetario esperado residual es USD 67.000; representa un promedio y no ofrece la misma cobertura.

El resultado es condicional: supone respuestas eficaces, probabilidades estimadas correctamente, impactos fijos e independencia entre los seis eventos. No garantiza el costo final real de la obra ni sustituye una evaluación de todas las incertidumbres del proyecto.

Dato del caso original	Valor que se conserva
Estimación inicial de trabajos	USD 4.000.000
Plazo objetivo	12 meses
Respuestas planificadas adicionales	USD 100.000
Contingencia ilustrativa original	USD 250.000
Reserva de gestión ilustrativa	USD 150.000
Presupuesto total original	USD 4.500.000

Relación con el presupuesto original

El caso aclaraba que los USD 250.000 eran un supuesto didáctico no derivado del ejemplo de dos riesgos. Este anexo presenta un cálculo alternativo explícito. No atribuye retrospectivamente un fundamento probabilístico a aquel importe. La eventual sustitución de la reserva exige revisar el alcance del modelo y aprobar la decisión.

Se mantienen los datos iniciales de R1 y R2 y la respuesta cuantificada de R2. Las probabilidades e impactos de R3 a R6, la cuantificación de la respuesta de R1 y los restantes parámetros residuales se agregan como supuestos didácticos de este anexo. Todos los importes se expresan en USD y son representativos, sin validez como referencia de precios actuales.

A1 Definir los riesgos y calcular la exposición inicial

Se consideran seis eventos binarios: cada uno ocurre una vez o no ocurre durante el período analizado. Su impacto es el sobrecosto adicional del proyecto si ocurre. Los impactos incluyen retrabajo, reorganización o prolongación atribuible al riesgo, sin duplicar partidas ni incorporar pérdidas comerciales de la operación.

ID y amenaza	Probabilidad inicial	Impacto si ocurre	VME inicial
R1 Terreno distinto del previsto	30 %	USD 120.000	USD 36.000
R2 Entrega tardía del equipo	40 %	USD 200.000	USD 80.000
R3 Interferencias en conexión	25 %	USD 180.000	USD 45.000
R4 Lluvias extraordinarias	40 %	USD 70.000	USD 28.000
R5 Incompatibilidad de control	35 %	USD 140.000	USD 49.000
R6 Falta de cuadrilla	25 %	USD 100.000	USD 25.000
Total	No se suman	USD 810.000 de máximo conjunto	USD 263.000

Cálculo paso a paso

Para cada riesgo se multiplica la probabilidad de ocurrencia por su impacto. Por ejemplo, el VME de R3 es 0,25 × USD 180.000 = USD 45.000. La exposición esperada conjunta es la suma de los seis valores: 36.000 + 80.000 + 45.000 + 28.000 + 49.000 + 25.000 = USD 263.000.

El cálculo original de R1 y R2 se conserva: USD 36.000 + USD 80.000 = USD 116.000. Los USD 147.000 adicionales de este anexo corresponden a las cuatro amenazas ahora cuantificadas.

Supuestos que determinan la interpretación

- Los seis riesgos se consideran independientes para calcular las probabilidades de combinaciones. Es una simplificación, no un hecho demostrado sobre la planta.
- Los impactos se suman sin interacciones. No se cuenta dos veces una misma prolongación o recurso.
- Las oportunidades O1 y O2 no se restan como si fueran ahorros seguros. Su realización se evaluaría por separado o en un modelo conjunto ampliado.
- No se modelan variaciones continuas de precios, cantidades o productividad, ni costos de riesgos secundarios fuera de los impactos definidos.
- Los costos de respuestas planificadas se presupuestan separadamente. Los desembolsos contingentes asociados a eventos están comprendidos en sus impactos.

La suma de VME no exige independencia si los costos están correctamente definidos; la distribución conjunta y sus percentiles sí dependen de las relaciones entre eventos. Por ello, sumar VME y calcular una reserva P80 son operaciones diferentes.

A2 Incorporar las respuestas y estimar el riesgo residual

Se distribuyen los USD 100.000 de respuestas del caso entre las seis amenazas. La asignación es un supuesto adicional; conserva los USD 25.000 ya previstos para R2. Los efectos residuales se estiman para la situación en que las acciones se ejecutan a tiempo y funcionan según lo previsto.

ID	Respuesta planificada	Costo cierto
R1	Ampliar exploración y revisar el diseño de fundaciones.	USD 20.000
R2	Inspeccionar fabricación y verificar hitos de entrega.	USD 25.000
R3	Relevar servicios y ensayar conexión y reversión.	USD 20.000
R4	Preparar drenajes, protecciones y secuencia de trabajo.	USD 10.000
R5	Probar interfaces de automatización en fábrica.	USD 15.000
R6	Reservar cuadrilla y verificar disponibilidad alternativa.	USD 10.000
Total	Respuestas adicionales al trabajo base.	USD 100.000

ID	Probabilidad residual	Impacto residual	VME residual
R1	15 %	USD 80.000	USD 12.000
R2	15 %	USD 100.000	USD 15.000
R3	10 %	USD 120.000	USD 12.000
R4	25 %	USD 40.000	USD 10.000
R5	15 %	USD 80.000	USD 12.000
R6	10 %	USD 60.000	USD 6.000
Total	No se suman	USD 480.000 de máximo conjunto	USD 67.000

En R1 no se supone que el estudio cambie la geología: disminuye la posibilidad de que una condición no detectada genere un sobrecosto no incorporado al diseño. En R4 tampoco se reduce la lluvia física: disminuye la probabilidad de que exceda la capacidad de protección y produzca el sobrecosto definido.

Comparación económica de las respuestas

La exposición esperada baja de USD 263.000 a USD 67.000. Incluyendo el costo cierto de USD 100.000, la carga económica esperada posterior es USD 167.000. La reducción esperada neta es USD 263.000 − USD 167.000 = USD 96.000.

Este cálculo evalúa conveniencia esperada; no dimensiona por sí solo la reserva. Si las respuestas no se implementan o fallan, deben revisarse las probabilidades e impactos antes de utilizar la estimación residual.

A3 Construir los escenarios de sobrecosto residual

Con seis eventos binarios existen $2^6 = 64$ combinaciones. En cada combinación se suma el impacto de los riesgos ocurridos y, bajo independencia, se multiplican las probabilidades de ocurrencia o de no ocurrencia de todos los eventos. El cálculo es una enumeración exacta del modelo, no una simulación de Monte Carlo.

Ejemplo 1 No ocurre ninguno de los riesgos

La probabilidad es $(1 - 0{,}15) \times (1 - 0{,}15) \times (1 - 0{,}10) \times (1 - 0{,}25) \times (1 - 0{,}15) \times (1 - 0{,}10) = 0{,}3730809375$, equivalente a 37,3081 %. El sobrecosto residual es USD 0.

Ejemplo 2 Ocurre solamente R2

La probabilidad es $0{,}85 \times 0{,}15 \times 0{,}90 \times 0{,}75 \times 0{,}85 \times 0{,}90 = 0{,}0658378125$, equivalente a 6,5838 %. El sobrecosto residual es USD 100.000. Los USD 25.000 de seguimiento del proveedor ya forman parte del presupuesto de respuestas y no se agregan a esta pérdida residual.

Ejemplo 3 Ocurren solamente R4 y R6

La probabilidad es $0{,}85 \times 0{,}85 \times 0{,}90 \times 0{,}25 \times 0{,}85 \times 0{,}10 = 0{,}0138178125$, equivalente a 1,3818 %. El sobrecosto es USD 40.000 + USD 60.000 = USD 100.000.

Los ejemplos 2 y 3 producen el mismo costo mediante combinaciones distintas. Para construir la distribución se agrupan sus probabilidades: 6,5838 % + 1,3818 % = 7,9656 % para USD 100.000. No se deben contar como una sola combinación ni omitir una de ellas.

Procedimiento reproducible

1. Enumerar las 64 filas con seis indicadores, usando 1 para ocurre y 0 para no ocurre.
2. Calcular el sobrecosto de cada fila con los impactos residuales.
3. Multiplicar, para cada fila, las seis probabilidades pertinentes.
4. Agrupar filas que tengan igual sobrecosto y sumar sus probabilidades.
5. Ordenar los importes de menor a mayor y acumular probabilidades.
6. Seleccionar el menor importe cuya acumulada alcance el nivel de cobertura elegido.

Como control, la suma de las probabilidades debe ser 100 % y la suma de costo por probabilidad debe coincidir con USD 67.000. El máximo posible es USD 480.000. La tabla siguiente presenta los 23 importes distintos obtenidos al agrupar las 64 combinaciones.

A4 Distribución completa del costo residual

Sobrecosto USD	Probabilidad del importe	Probabilidad acumulada
0	37,3081 %	37,3081 %
40.000	12,4360 %	49,7441 %
60.000	4,1453 %	53,8895 %
80.000	13,1676 %	67,0570 %
100.000	7,9656 %	75,0226 %
120.000	8,5345 %	83,5571 %
140.000	3,6577 %	87,2148 %
160.000	3,2752 %	90,4899 %
180.000	3,2720 %	93,7619 %
200.000	2,0942 %	95,8561 %
220.000	1,7887 %	97,6448 %
240.000	0,7459 %	98,3907 %
260.000	0,6545 %	99,0452 %
280.000	0,2964 %	99,3416 %
300.000	0,3807 %	99,7223 %
320.000	0,0929 %	99,8152 %
340.000	0,1004 %	99,9156 %
360.000	0,0363 %	99,9519 %
380.000	0,0276 %	99,9795 %
400.000	0,0096 %	99,9890 %
420.000	0,0076 %	99,9966 %
440.000	0,0025 %	99,9992 %
480.000	0,0008 %	100,0000 %

Los cálculos utilizan probabilidades sin redondear; la tabla muestra cuatro decimales porcentuales. La acumulada indica la probabilidad de que el sobrecosto no exceda el importe de la primera columna. No representa la probabilidad de que el costo sea exactamente igual a dicho importe.

El VME de USD 67.000 queda entre USD 60.000 y USD 80.000. Por tanto, una reserva de USD 67.000 cubre completamente los escenarios de 0, 40.000 y 60.000: su cobertura es 53,89 %, no 80 %.

A5 Elegir el nivel de cobertura de la reserva

Para el ejercicio, el patrocinador adopta una cobertura mínima de 80 % respecto de los seis riesgos residuales modelados. Este criterio es una decisión didáctica de apetito de riesgo, no un porcentaje exigido por el PMI.

La acumulada en USD 100.000 es 75,0226 %, inferior a 80 %. En USD 120.000 alcanza 83,5571 %. Por lo tanto, la reserva P80 mínima es USD 120.000. La cobertura excede 80 % porque la distribución es discreta y presenta saltos.

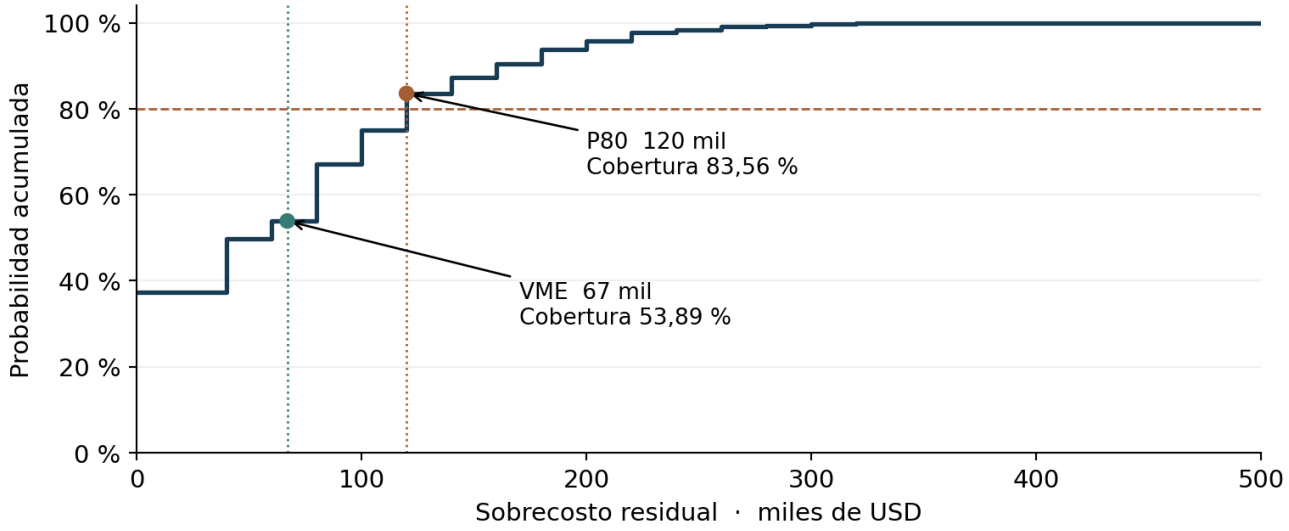


Figura A1. Selección de P80 y comparación con el VME. Distribución exacta de los seis riesgos residuales.

Criterio o importe	Reserva	Cobertura real del modelo
Valor monetario esperado	USD 67.000	53,89 %
P80	USD 120.000	83,56 %
P90	USD 160.000	90,49 %
P95	USD 200.000	95,86 %
Importe ilustrativo original	USD 250.000	98,39 %
Máximo conjunto modelado	USD 480.000	100,00 %

La posibilidad de exceder USD 120.000 es 16,44 %. En el máximo conjunto, el exceso sobre esa reserva sería USD 360.000. La elección debe considerar la capacidad de absorber escenarios desfavorables, además del porcentaje de cobertura.

Con los parámetros iniciales de las seis amenazas, la misma enumeración produce una reserva P80 de USD 400.000 y cobertura de 80,13 %. Después de respuestas, el P80 residual baja a USD 120.000. Esa disminución de USD 280.000 no es un ahorro realizado: es una reducción del importe de reserva requerido bajo el modelo; además se invierten USD 100.000 en respuestas.

A6 Integrar la reserva al presupuesto del caso

La reserva calculada se suma al costo de trabajos y al costo cierto de respuestas. No se suma también el VME: agregar USD 67.000 a USD 120.000 duplicaría parcialmente la cobertura de la misma exposición.

Componente	Caso original	Alternativa del anexo
Trabajos base	USD 4.000.000	USD 4.000.000
Respuestas planificadas	USD 100.000	USD 100.000
Reserva de contingencia	USD 250.000	USD 120.000
Línea base de costos	USD 4.350.000	USD 4.220.000
Reserva de gestión	USD 150.000	USD 150.000
Presupuesto total	USD 4.500.000	USD 4.370.000

La línea base alternativa resulta de USD 4.000.000 + USD 100.000 + USD 120.000 = USD 4.220.000. Al agregar la reserva de gestión de USD 150.000, el presupuesto total es USD 4.370.000. La diferencia respecto del presupuesto original es USD 130.000.

Qué significa y qué no significa esta diferencia

La diferencia corresponde a una alternativa de dimensionamiento. No es un ahorro ejecutado ni autoriza automáticamente liberar fondos. El caso original puede contener incertidumbres no representadas en los seis eventos: cantidades de obra, productividad, precios, riesgos secundarios y dependencias. Antes de reducir la reserva deben incorporarse o justificarse esas exclusiones.

La cobertura de 83,56 % se refiere a sobrecostos de las seis amenazas, suponiendo deterministas los trabajos base y las respuestas. No debe comunicarse como probabilidad global de terminar todo el proyecto dentro de USD 4.220.000 si otras fuentes de variación siguen sin modelar.

La reserva de gestión permanece en USD 150.000 únicamente para conservar el supuesto del caso. No fue calculada por este modelo y no se utiliza para completar de manera encubierta la cobertura P80 de riesgos identificados.

Propuesta de decisión para el ejercicio

Aprobar USD 120.000 como reserva de contingencia de los riesgos residuales modelados, condicionada a la ejecución y eficacia de las respuestas. En una decisión real, mantener provisionalmente los USD 250.000 hasta validar el alcance del análisis y las exposiciones omitidas, o ampliar el modelo antes de modificar la línea base.

Si el patrocinador exigiera al menos 90 % para el mismo alcance, se usarían USD 160.000: la línea base sería USD 4.260.000 y el presupuesto total, USD 4.410.000. La elección debe quedar documentada con el modelo y sus supuestos.

A7 Utilizar la reserva y revisar su suficiencia

La reserva se controla junto con el registro de riesgos. Cada utilización debe identificar el evento, justificar el costo, respetar la autoridad delegada y actualizar la previsión a la terminación. El saldo disponible por sí solo no demuestra suficiencia.

Ejemplo de revisión durante la ejecución

Supóngase que se adopta la alternativa de USD 120.000 y que R2 se materializa con un sobrecosto real de USD 90.000. El evento queda resuelto, no se repite y los otros cinco riesgos permanecen abiertos con los parámetros residuales originales. Se supone que no se modifica su dependencia ni su probabilidad por lo ocurrido.

Concepto	Cálculo o resultado
Reserva inicial	USD 120.000
Aplicación a R2	USD 90.000
Saldo sin compromisos adicionales	USD 30.000
VME futuro de los otros cinco riesgos	USD 67.000 − USD 15.000 = USD 52.000
P80 futuro de esos cinco riesgos	USD 100.000, recalculado por escenarios
Diferencia para conservar el P80 futuro	USD 100.000 − USD 30.000 = USD 70.000

Los USD 15.000 que se retiran del VME eran la contribución esperada de R2; no sustituyen su costo real de USD 90.000. Tampoco se obtiene la nueva reserva restando el impacto de R2 al P80 original: un percentil debe recalcularse con la exposición pendiente.

El saldo de USD 30.000 solo cubriría el escenario sin eventos restantes, con probabilidad 43,89 %. Se debe evaluar una respuesta adicional, proponer ajuste autorizado de presupuesto o revisar el nivel de exposición aceptado. La reserva de gestión no se usa automáticamente para financiar este faltante conocido.

Controles y límites de la decisión

- Reestimar ante cambios de diseño, proveedores, productividad o eficacia de respuestas.
- Revisar la independencia: R2 y R6 pueden interactuar por disponibilidad de montaje; R3 y R5 pueden compartir problemas de coordinación.
- Incorporar riesgos secundarios relevantes antes de declarar suficiente la reserva global.
- No convertir reservas monetarias en días mediante una división arbitraria. La contingencia de plazo exige analizar la red del cronograma.

Referencias

Project Management Institute. (2017). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) (6th ed.). Capítulos 7 y 11. Marco conceptual de costos, reservas y gestión de riesgos.

Documento de base: Gestión de riesgos en un proyecto industrial. Caso didáctico según el marco del PMI. Los datos añadidos, la enumeración de escenarios y los resultados de este anexo son desarrollos didácticos propios.