

CAPÍTULO 10

La gestión de los riesgos en el proyecto

Objetivos del capítulo

En toda actividad humana existe la posibilidad de que determinados eventos afecten de manera importante a la ejecución de la misma, modificando los planes, cualidades o costes iniciales. Estos eventos están relacionados con la idea de riesgo.

Los proyectos son conjuntos de actividades y, por tanto, están también sometidos a riesgos: riesgos financieros, por ejemplo, en el caso de que los recursos económicos no lleguen a tiempo o si -en proyectos internacionales- los tipos de cambio entre divisas sufren grandes alteraciones; riesgos legales, si, por ejemplo, durante la ejecución del proyecto las normativas de obligado cumplimiento son modificadas y obligan al proyecto a una modificación en los requerimientos; riesgos de ejecución, si, por ejemplo, el equipo de trabajo se pone en huelga y no pueden avanzar los trabajos ... Como vemos, existen diferentes posibilidades para que un proyecto se vea afectado.

En este capítulo aprenderemos a gestionar los riesgos en un proyecto, catalogándolos adecuadamente y se presentarán técnicas que permitan evaluar el impacto que sobre el proyecto tendría la materialización de dichos riesgos.

1. Introducción al grupo de actividades de gestión de los riesgos en un proyecto

En el grupo de actividades de gestión de riesgos la información en un proyecto señala un conjunto de actividades que se deben desarrollar para acometer la tarea de gestión de los riesgos:

1. Identificación de las actividades del área de gestión de riesgos que se adoptarán/adaptarán en el proyecto (GRP1).
2. Realizar el plan de riesgos del proyecto (GRP2).
3. Identificación de los riesgos sobre el proyecto (GRP3).
4. Análisis de los riesgos sobre el proyecto (cuantitativo/cualitativo) (GRP4).
5. Realizar el plan de respuestas a los riesgos (GRP5).
6. Monitorizar los riesgos (GRP6).
7. Conclusión o cierre de actividades abandonadas o pospuestas (GRP7).

Estas actividades permitirán gestionar adecuadamente los riesgos de un proyecto. De todas estas actividades, claramente la más importante es la de identificación de los riesgos existentes sobre el proyecto y el análisis que la materialización del riesgo implique para el proyecto. Esto es, lo más importante de todas estas actividades consiste en identificar cada riesgo y cuantificar (o calificar) el tamaño del impacto sobre el proyecto, caso de producirse.

Existen diferentes técnicas de identificación, análisis y respuesta a los riesgos. En este manual abordaremos técnicas genéricas, de modo que puedan ser aplicadas sobre una amplia gama de proyectos de ingeniería, informáticos, o de cualquier otro sector. Dado que los riesgos hacen referencia a futuribles sobre los que, en general, no disponemos de información suficiente para considerar si se producirán o no, es recomendable que estas actividades se realicen en colaboración con expertos o se deleguen en comités o departamentos especializados en riesgos.

2. Actividades comprendidas en el grupo de actividades del área de gestión de riesgos en el proyecto

2.1. Identificación de las actividades del área de gestión de riesgos que se adoptarán/adaptarán en el proyecto (GRP1)

A) Descripción de la actividad

El director de proyecto debe decidir acerca de cómo se gestionarán los riesgos en el proyecto. Puede optar por asumir todos los riesgos que se materialicen y no hacer nada desde el comienzo, o bien puede optar por medir el impacto que estos tendrán y seleccionar distintas medidas para minimizar el impacto o reforzarlo en el caso de que este fuera positivo, por ejemplo, si un cambio legal representa un riesgo real pero dicho cambio legal supone una ventaja

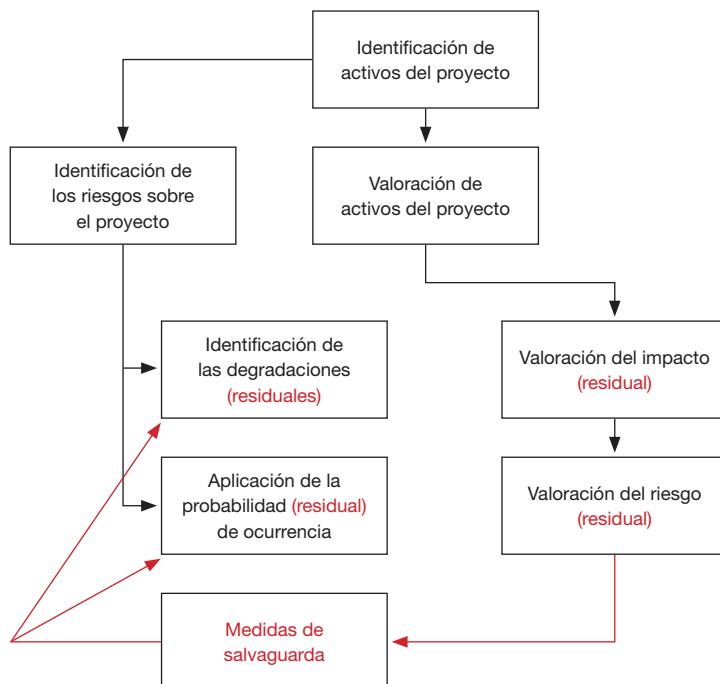
para el proyecto que estamos dirigiendo, entonces no hay motivo para minimizar el impacto de ocurrencia de dicho cambio; más bien al contrario, trataremos de aprovecharnos de tal cambio.

En el caso de que el director de proyecto opte por la vía de gestionar los riesgos, entonces deberá acometer la totalidad de los procesos de este grupo de actividades, con mayor o menor intensidad, pero se verá obligado a acometer todos ellos. Identificación de los riesgos, medición del impacto y toma de medidas o salvaguardas y monitorización constante de los riesgos serán actividades ineludibles.

B) Técnicas. Herramientas

Juicio de expertos. Será necesario contar con un panel de expertos que asesoren al director de proyecto sobre la idoneidad o no de asumir los riesgos o de acometer la gestión de los mismos con las actividades que se verán a continuación. El papel de los expertos en este momento será vital para hacer ver al director de proyecto la posibilidad de evitar el estudio de riesgos, o bien de acometer un análisis y estudio de alternativas para cada uno de ellos. Resulta primordial para la viabilidad del proyecto esta decisión, pues no calibrar correctamente el posible impacto que tengan los riesgos puede derivar en que el proyecto no alcance el objetivo deseado.

■ Figura 1. Identificación, análisis y gestión de riesgos



Antes de acometer el resto de actividades de este grupo de actividades de gestión de riesgos, presentamos la figura 1, en la que quedan representadas las actividades y el orden en que se realizan.

De forma muy resumida, en esta figura observamos que lo primero es identificar los activos y los riesgos, así como valorar los activos en función de dichos riesgos. Para cada riesgo evaluaremos la degradación que generan en cada activo y así obtendremos una idea del impacto generado por una amenaza. Esta valoración del impacto, unida a la probabilidad de ocurrencia, nos genera una valoración del riesgo que se está corriendo en el proyecto por dicha amenaza. La posterior inclusión de medidas eliminadoras, minimizadoras, de evitación o de cualquier otra índole dará lugar a lo que se denomina degradación residual y probabilidad residual que, a su vez, generan lo que se denomina *impacto residual* y *riesgo residual*.

En las siguientes actividades están descritos cada uno de estos pasos de forma más detallada.

2.2. Realizar el plan de riesgos del proyecto (GRP2)

A) Descripción de la actividad

El plan de riesgos del proyecto es un documento que, como su nombre indica, planifica cómo se realizarán las actividades de gestión de riesgos. En dicho plan no se estudian propiamente los riesgos, sino que se determinan qué herramientas, métodos, metodologías, técnicas se han de utilizar. También se indican los estándares de identificación y clasificación de riesgos que se emplearán, así como los elementos que se incluyen en el estudio de riesgos (tiempos, plazos, costes, ejecución, calidad, etc.).

Para realizar este plan, el punto de partida es el conjunto de procesos y documentos de la organización en los que se indiquen las metodologías a emplear, en este caso, para la gestión de proyectos. Por ejemplo, la organización puede haber decidido emplear MAGERIT (metodología de gestión de riesgos muy empleada en proyectos en la administración pública española) o puede haber desarrollado una metodología propia a partir de Merise. En cualquiera de los casos, estas referencias a cómo hacer la gestión de riesgos es lo que se deberá incluir en el plan de gestión de riesgos.

Aparte de la propia metodología, serán necesarios los documentos que contengan información sobre aspectos en los que los riesgos pueden impactar: plan de costes, definición del proyecto, plan de tiempos, etc.

Por último, será necesario utilizar otros activos de la organización, por ejemplo, los documentos de clasificación y catalogación de riesgos, los niveles de riesgos asumibles, los activos a proteger, etc. Es decir, todos aquellos documentos que se vayan a emplear durante el análisis de riesgos y que sean de obligado cumplimiento por la organización.

Como resultado se espera obtener un plan de riesgos que contendrá la categorización de riesgos a emplear en el proyecto (no los riesgos propiamente dichos, sino las categorías que

se deben tener en cuenta para la identificación de los mismos), las definiciones de probabilidad e impactos que se pueden emplear, la tolerancia al riesgo de cada uno de los interesados en el proyecto, el presupuesto asignado a los riesgos y, en general, toda aquella información que resulte relevante para el posterior análisis y medición de riesgos, así como para el establecimiento de las medidas necesarias.

Para la valoración de los activos, los niveles de riesgo, los impactos, etc., las organizaciones pueden elaborar dos tipos de valoraciones: valoraciones cuantitativas y valoraciones cualitativas. Las valoraciones cuantitativas se basan en el empleo de cifras exactas para medir y valorar todo: la probabilidad de ocurrencia de una amenaza, el impacto (en euros), etc. Las valoraciones cualitativas se basan en el empleo de escalas que normalmente admiten cinco valores (muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto) para calificar todo (frecuencia, probabilidad, impacto, etc.). La técnica cuantitativa obliga al empleo de formulaciones matemáticas complejas para el cálculo de los riesgos, mientras que la técnica cualitativa se basa en el empleo de matrices o tablas.

En cualquier caso, el empleo de la técnica cualitativa no supone una pérdida de información o la asunción de mayores riesgos, porque, en último extremo, siempre se traslada el impacto de una potencial amenaza a un valor económico (también mediante una tabla).

En este manual trabajaremos con el método cualitativo. Por ello, y dado que se necesitarán en los siguientes apartados, se propone utilizar las siguientes tablas de referencia (en una organización particular se pueden definir otros valores, no siendo obligatorio el empleo de los que aquí se proponen). De momento, simplemente definiremos las tablas y en apartados sucesivos explicaremos qué representa cada escala.

Escala de valoración de activos

Se propone una escala de cinco valores ordenados de menor a mayor valor del activo. A veces encontramos dicha escala con el valor 0, con lo que la escala tendría seis valores.

■ Tabla 1. **Valoración de activos**

Valor del activo	0 (opcional)	MB Muy bajo	B Bajo	M Medio	A Alto	MA Muy alto
-------------------------	-----------------	----------------	-----------	------------	-----------	----------------

Escala de valoración de degradación

Se propone una escala de cinco valores ordenados de menor a mayor valor del activo. A veces encontramos dicha escala con el valor 0, con lo que la escala tendría seis valores. A modo de referencia, se indica el nivel o porcentaje de degradación que sufriría el activo ante la materialización de una amenaza.

■ Tabla 2. **Valoración de la degradación**

Valor del activo	0 (opcional)	MB Muy bajo (<1 %)	B Bajo (<5 %)	M Medio (<10 %)	A Alto (<50 %)	MA Muy alto (hasta 100 %)
------------------	--------------	--------------------------	---------------------	-----------------------	----------------------	---------------------------------

Escala de valoración de impactos

Se propone una escala de cinco valores ordenados de menor a mayor valor del activo. A veces encontramos dicha escala con el valor 0, con lo que la escala tendría seis valores.

■ Tabla 3. **Valoración de impactos**

Valor del activo	0 (opcional)	MB Muy bajo	B Bajo	M Medio	A Alto	MA Muy alto
------------------	-----------------	----------------	-----------	------------	-----------	----------------

En algunas organizaciones, para determinar el nivel de impacto, se suelen asignar valores numéricos sobre el coste de los daños ocasionados. Por ejemplo, la organización puede establecer que el valor muy bajo implica que los daños son inferiores a 10.000 euros, o que el valor muy alto se debe aplicar por encima de los 500.000 euros. Pero esto, como se ha indicado, es optativo y depende de las organizaciones.

Escala de valoración de probabilidad

Se propone una escala de cinco valores ordenados de menor a mayor probabilidad de ocurrencia del riesgo.

■ Tabla 4. **Valoración de probabilidades**

Probabilidad	MB Muy bajo (raramente)	B Bajo (poco probable)	M Medio (probable)	A Alto (muy probable)	MA Muy alto (prácticamente seguro)
--------------	-------------------------------	------------------------------	--------------------------	-----------------------------	--

Si fuera necesario, se podrían asignar valores numéricos a cada valor cualitativo, de modo semejante a como se propone en la escala de degradación.

Escala de valoración de riesgo

Se propone una escala de cinco valores ordenados de menor a mayor valor del riesgo. A veces encontramos dicha escala con el valor 0, con lo que la escala tendría seis valores.

■ Tabla 5. Valoración de riesgos

Valor del activo	0 (opcional)	MB Muy bajo	B Bajo	M Medio	A Alto	MA Muy alto
------------------	-----------------	----------------	-----------	------------	-----------	----------------

Tabla de cálculo de impactos

Se propone emplear una matriz de impactos con dos entradas: valor del activo (con cinco posibles valores) y degradación (con tres valores diferenciados). Los posibles valores de los impactos son los contenidos en la tabla 3.

■ Tabla 6. Cálculo de impactos

Impacto		Degradación		
Valor del activo		MB-B	M	A-MA
	MA	M	A	MA
	A	B	M	A
	M	MB	B	M
	B	MB	MB	B
	MB	MB	MB	MB

Tabla de cálculo de riesgo

Se propone emplear una matriz de riesgos con dos entradas: valor del impacto (con cinco posibles valores) y probabilidad (con cinco valores diferenciados).

■ Tabla 7. Cálculo de riesgos

Riesgo		Probabilidad				
Valor del impacto		MB	B	M	A	MA
	MA	A	MA	MA	MA	MA
	A	M	A	A	MA	MA
	M	B	M	M	A	A
	B	MB	B	B	M	M
	MB	MB	MB	MB	B	B

Tabla de traslación económica de riesgos

Se propone una escala de cinco valores ordenados de menor a mayor valor del riesgo. A veces encontramos dicha escala con el valor 0, con lo que la escala tendría seis valores. El valor económico depende muy fuertemente de la organización. Lo que aquí se muestra es solo un ejemplo de cómo podría ser dicha tabla.

■ Tabla 8. **Evaluación económica de riesgos**

Valor económico del riesgo	0 (opcional)	MB Muy bajo <1 k€	B Bajo <10€	M Medio <100 k€	A Alto 1 M€	MA Muy alto +1 M€
----------------------------	--------------	-------------------------	-------------------	-----------------------	-------------------	-------------------------

B) Técnicas. Herramientas

a) *Juicio de expertos*

Una vez más recurrimos a la opinión de expertos para que nos asesoren sobre la elaboración de esta planificación. Es importante contar con la referencia de gente con experiencia, sobre todo en aquello que necesitamos para establecer el plan de riesgos. Nos pueden ayudar sobre qué documentos hemos de solicitar, qué documentos vamos a necesitar, qué estándares podemos emplear, etc. La celebración de reuniones con este comité de expertos es la mejor forma de preparar bien el plan de riesgos y de que no nos dejemos fuera ningún aspecto que posteriormente vayamos a necesitar para la gestión de los riesgos.

La opinión de los expertos también puede ser útil para ayudarnos a confeccionar las tablas anteriores.

b) *Sistemas de información*

Dado que la gestión de riesgos suele requerir el manejo de mucha información y documentación, es importante recurrir a herramientas que nos ayuden en el manejo de estos documentos y, sobre todo, en el proceso de análisis que se ha de realizar posteriormente. En este momento, los sistemas de información nos han de servir como soporte informático para guardar esta documentación que, posteriormente, será empleada para calcular los riesgos.

2.3. Identificación de activos y de los riesgos sobre el proyecto (GRP3)

A) Descripción de la actividad

La identificación de los activos y los riesgos es una actividad que permite determinar qué amenazas acechan al proyecto durante la ejecución del mismo y cuál es el valor de los activos

para dichos riesgos. Para explicar la identificación y valoración de activos, amenazas y riesgos, nos basaremos en las directrices de la metodología MAGERIT. Es importante recalcar que el valor de los activos no se refiere a su valoración económica, sino a la valoración del activo respecto a la amenaza en cuestión.

Para la realización de esta actividad, se parte de los activos del proyecto y del catálogo de riesgos potenciales. A partir de estos datos, se conforma la lista de activos susceptibles de estudio por estar sometidos a riesgos relevantes. Además, se debe obtener como resultado una relación de dependencia entre cada uno de los activos (si es que existiera). Esta relación de dependencia entre activos es importante, porque el cálculo de riesgos depende de dichas relaciones. No es posible calcular los riesgos del proyecto sin conocer las relaciones existentes entre los activos. En el apartado de «Técnicas. Herramientas» se aborda este aspecto y se explicará cómo determinar tales relaciones.

Como resultado adicional se ha de obtener un documento con la lista de riesgos a estudiar en el proyecto en cuestión. La determinación de este listado no es un asunto menor, pues el análisis posterior de los riesgos identificados conlleva un cálculo relativamente pesado y, aunque este se realice con ayuda de *software* de gestión de riesgos, resulta muy importante identificar los riesgos que supongan un grave perjuicio para el proyecto. Como se verá, el proceso de análisis implica la realización de varias iteraciones y, por ello, es conveniente que solo se realice con los riesgos que pongan en peligro el proyecto.

B) Técnicas. Herramientas

a) Metodología MAGERIT¹

Sobre los riesgos. Para identificar los riesgos nos regiremos por la siguiente tabla, que clasifica los riesgos por su tipo. Esta tabla contiene algunos ejemplos a título enumerativo no limitativo:

■ Tabla 9. Clasificación de amenazas

Riesgos técnicos	Riesgos de gestión/operativo	Riesgos comerciales	Riesgos externos
Definición del alcance	Dirección del proyecto o grupo de proyectos o portafolio	Términos	Legislación
Requisitos	Dirección de las operaciones diarias	Contractuales	Tipos de cambio



¹ Metodología MAGERIT. https://administracionelectronica.gob.es/pae_Home/pae_Documentacion/pae_Metodolog/pae_Magerit.html

Riesgos técnicos	Riesgos de gestión/operativo	Riesgos comerciales	Riesgos externos
►			
Estimaciones	Adquisición de recursos	Contratación interna	Infraestructuras
Procesos técnicos	Comunicación	Proveedores	Ambientales
Tecnología	Identificación de los riesgos	Subcontrataciones	Competencia
Interfaces técnicas		UTE	Normativa
		<i>Joint ventures</i>	

En ciertos proyectos se puede emplear la tabla 10, en la que la clasificación atiende al origen del riesgo (se incluyen ejemplos a título no limitativo):

■ Tabla 10. Clasificación de amenazas

Natural	Industrial	Sistema	Intencionado	Accidental
Terremotos Inundaciones Rayos	Fuego Agua Eléctrico Contaminación	Defectos en piezas de proveedores Deficiencias técnicas de diseño	Con o sin ánimo de beneficio	Por error u omisión

Sobre los activos. Por otra parte, debemos identificar cada uno de los activos del proyecto y asignarle un valor en función de cada amenaza, según la escala de la tabla 1. Es decir, el valor del activo será diferente según estemos estudiando una amenaza u otra. Así, para cada activo, tendremos un conjunto de valores correspondientes a cada amenaza.

Por ejemplo, si identificamos un riesgo técnico «pérdida de comunicación», entonces debemos valorar el activo *router* como MA y el activo documentación, como MB. O si identificamos el riesgo operativo «robo», entonces deberíamos valorar el activo *router* como MB y el activo documentación como A o MA. Los activos no se valoran en función del coste económico, sino en función del valor que tienen en referencia al riesgo estudiado.

Por eso, en esta actividad debemos valorar los activos que se sometan a estudio de riesgos según la tabla que previamente se haya definido. Además, es importante determinar las relaciones o dependencias que existan entre dichos activos. Por ejemplo, supongamos que en una

organización tenemos dos activos, tales como un cable, que denotaremos por A, y un *router*, que denotaremos por B. Dado que la conexión por cable depende del buen funcionamiento del *router*, podemos asumir que A depende de B, y ello lo representaremos como $A \rightarrow B$. Evidentemente, en esta relación podemos aplicar la propiedad transitiva, de modo que si a su vez B depende de C, es decir, $B \rightarrow C$, entonces A depende indirectamente de C, es decir, $A \rightarrow C$.

En esta cadena de dependencias $A \rightarrow B \rightarrow C$ es importante darse cuenta de que las amenazas que afecten a C también afectarán a B y a A. Por ello, la materialización de una amenaza no tiene solo el efecto del elemento afectado directamente (en este caso C), sino que el efecto de la amenaza es la acumulación de los efectos que tiene en los elementos que dependen de C, en este caso, B y A. Por este motivo, es necesario definir un nuevo concepto que se denomina «supremo». El *supremo* de un activo es el conjunto de activos que dependen (directa o indirectamente) de este. En el caso del ejemplo:

$$\text{Sup}(C) = \{A, B\}$$

A partir del supremo definimos un nuevo concepto: el valor acumulado. El *valor acumulado* de un activo representa la suma de los valores de los activos que se ven afectados, directa o indirectamente, por una amenaza. En el caso de trabajar con valores numéricos (análisis cuantitativo), esto es fácil de realizar. Sin embargo, en el caso de trabajar con valores cualitativos, en vez de totalizar los valores de los activos (no podríamos sumar MA + A, por ejemplo) se recurre a una aproximación consistente en utilizar el máximo de los valores de los activos en la cadena de dependencias, es decir, del conjunto supremo.

El valor acumulado que emplearemos es, según lo expuesto, el máximo de los valores de los activos que dependen de este, es decir, el máximo de los activos del conjunto supremo. Por ejemplo, en el caso que estamos viendo, el valor acumulado de C sería el máximo de los valores de los activos que dependen de C y el mismo C, es decir, el máximo de los valores de A y B, además de C. Así, ¿qué representa el valor acumulado de C? Pues es el máximo de los valores de los activos que se verían afectados por una amenaza en C, incluyendo el propio C. Esto tiene sentido porque la valoración de un activo frente a una amenaza debe medirse según el valor de los activos dependientes frente a dicha amenaza y no solo según el valor del propio activo.

Así pues:

$$V_{\text{Acu}}(C) = \max \{V_A, V_B, V_C\}$$

y en general:

$$V_{\text{Acu}}(j) = \max \{V_i, V_j\} \quad \text{tales que } i \rightarrow j$$

Sobre la degradación. Para cada uno de los activos identificados, se han de estimar los valores de las siguientes amenazas:

- Para amenazas que inciden directamente en un activo. Nos basaremos en la escala de la tabla 2 para obtener la degradación causada por una amenaza en un activo.

Si un activo está expuesto a dos amenazas, pues obtendremos dos valores diferentes (o iguales) de degradación del activo ante cada amenaza. A esta degradación se la conoce como *degradación directa* de un activo por una amenaza.

- Para amenazas sobre los activos de los cuales depende dicho activo. A este valor se le denomina *degradación repercutida* y se obtiene a partir de la expresión siguiente:

$$\text{DegRep}(j) = \max \{\text{Deg}_i\} \quad \text{tales que } i \rightarrow j$$

Observemos que la degradación de un activo mide el efecto a causa de una amenaza actuando sobre el mismo. Es el efecto directo de una amenaza sobre el activo en el que incide y sobre los que dependen de él. Mientras que la degradación repercutida mide el efecto que tienen las amenazas que actúan sobre otros activos de los que este depende. Es el efecto de las amenazas sobre activos de los que existe dependencia.

Por tanto, hasta ahora con esta metodología tenemos identificados los activos, las amenazas, el valor de los activos frente a cada amenaza y la degradación que cada amenaza pudiera causar en cada activo.

b) Sistemas de información

En general, el conjunto de activos que se manejan en un proyecto y el conjunto de riesgos tratados es tan elevado, que la matriz activo (x) riesgos tiene múltiples entradas. Si a esto añadimos las dependencias entre elementos, el cálculo de los supremos y el cálculo de los valores acumulados, entonces es fácil entender la necesidad de emplear sistemas de información que nos ayuden en tal tarea.

c) Juicio de expertos

Dada la gran cantidad de datos que se manejan, es importante contar con un equipo de asesores que nos ayuden a identificar correctamente los riesgos. Conviene reducir la lista a los estrictamente necesarios, pues de lo contrario el sobrecoste de la seguridad puede hacer inviable el proyecto. Por ello se tratará de incluir, con la experiencia de estos expertos, consultores o gente experimentada en el sector, solo aquellos riesgos que se consideren necesarios y que potencialmente puedan poner en peligro el proyecto. Y aun así, se deberá estar dispuesto a asumir el sobrecoste que ellos generan.

2.4. Análisis de los riesgos sobre el proyecto (GRP4)

A) Descripción de la actividad

En esta actividad se trata de realizar todo el proceso de análisis y valoración de los riesgos identificados. No podemos hablar estrictamente de cuantificación de los riesgos porque estamos siguiendo una metodología cualitativa, pero aun así, es posible hablar de valoración cualitativa.

B) Técnicas. Herramientas

a) MAGERIT

Impacto acumulado. El *impacto acumulado* es el resultado de afectar una amenaza sobre un activo y todos los que dependen de este. Esto es evidente, cuando una amenaza se materializa sobre un activo y lo degrada, tanto el activo como sus dependientes se verán afectados. De este modo, el impacto acumulado de una amenaza se calcula con el valor de la degradación de un activo y el valor acumulado de dicho activo, entrando en la tabla 6 (**Nota**. En la tabla se indica de forma genérica el valor del activo; sin embargo, se emplea el valor acumulado del activo).

Por ejemplo, volviendo al ejemplo anterior, supongamos que los valores de A, B y C son respectivamente M, MB y MA; en ese caso:

$$V_{Acu}(C) = \max \{V_A, V_B, V_C\} = MA$$

Ante una amenaza directa en C, que denotaremos como Am_C , se ha estimado que la degradación directa que causaría en C sería MA.

$$Degr(C) = MA$$

De este modo, entrando con los valores $V_{Acu}(C) = MA$ y $Degr(C) = MA$, obtendríamos un impacto MA, es decir, MA:

■ Tabla 11. Cálculo de impactos

Impacto		Degradación		
Valor del activo		MB-B	M	A-MA
	MA	M	A	MA
	A	B	M	A
	M	MB	B	M
	B	MB	MB	B
	MB	MB	MB	MB

De forma genérica:

$$IA(i) = V_{Acu}(i) \times Degr(i)$$

Impacto repercutido. El *impacto repercutido* es el máximo de los impactos que sufre un activo debido a la degradación de los activos de los que depende. Observemos la diferencia con el impacto acumulado. En el impacto acumulado se calcula el efecto máximo de una amenaza sobre un activo y sus dependientes, mientras que en el impacto repercutido, se calcula el máximo impacto en un activo ante cualquier amenaza sobre los activos de los que depende. La forma de calcular el impacto repercutido es:

$$IR_i = \max(Deg(j)) \times V_i \quad \text{tal que } i \rightarrow j$$

En esta expresión vemos que no se emplea la degradación en el propio activo, sino en aquellos de los que depende, y no se emplea el valor acumulado, sino el valor propio del activo, a diferencia del impacto acumulado, que emplea el valor acumulado y la degradación directa.

Por ejemplo, asumiendo las amenazas Am_A, Am_B y Am_C sobre los activos A, B y C, (siendo $A \rightarrow B$ y $B \rightarrow C$) los cuales sufren degradaciones MB, M y MA, respectivamente, si quisieramos calcular el impacto repercutido sobre el activo A:

$$IR_A = \max(Deg(B,C)) \times V_A$$

luego (asumiendo que el valor de A es M ante la amenaza en C)

$$IR_A = \max(Deg(M,MA)) \times MA = MA \times M$$

y entrando con estos valores en la tabla 6, obtenemos M:

■ Tabla 12. Cálculo de impactos

Impacto		Degradación		
Valor del activo		MB-B	M	A-MA
	MA	M	A	MA
	A	B	M	A
	M	MB	B	M
	B	MB	MB	B
	MB	MB	MB	MB

Riesgo acumulado. El cálculo del riesgo que sufre el proyecto por una amenaza sobre un activo y sus dependientes. Se obtiene a partir del impacto acumulado y de la probabilidad de dicha amenaza. Para ello se toman los valores de impacto acumulado y la probabilidad

de ocurrencia y se entra en la tabla 7. El resultado es el riesgo acumulado. Pero, ¿qué representa el riesgo acumulado? El *riesgo acumulado* se denota por RA y representa el daño que sufre el proyecto cuando un riesgo Am sobre un activo (i) se materialice, considerando el valor de dicho activo y todos aquellos que de él dependen y considerando la probabilidad de ocurrencia del mismo. Se calcula mediante la expresión siguiente, entrando en la tabla 7:

$$RA_i (Am_i) = IA_i \times Prob(Am)$$

Por ejemplo, siguiendo con el impacto acumulado calculado anteriormente, supongamos que la probabilidad de la amenaza sobre A es MB, tendríamos:

$$RA_A (Am_A) = M \times MB = B$$

■ Tabla 13. Cálculo de riesgos

Riesgo		Probabilidad				
Valor del impacto		MB	B	M	A	MA
	MA	A	MA	MA	MA	MA
	A	M	A	A	MA	MA
	M	B	M	M	A	A
	B	MB	B	B	M	M
	MB	MB	MB	MB	B	B

Riesgo repercutido. El *riesgo repercutido* se denota por RR y representa la valoración de todos los daños que experimenta un activo por amenazas sobre otros activos de los que depende. Para calcularlo se considera el impacto repercutido y la probabilidad de ocurrencia de cada amenaza (en el activo en el que incida). La forma de cálculo es análoga a la del riesgo acumulado:

$$RR_i (Am_j) = IR_i \times Prob(Am_j)$$

Para calcularlo se toma el impacto repercutido y la probabilidad de la amenaza sobre el activo del que depende y se obtiene el cálculo entrando en la tabla 7.

Hasta este punto hemos calculado el valor de los riesgos acumulados y repercutidos. En vista de los resultados obtenidos, las organizaciones optan por diferentes estrategias encaminadas a minorar el impacto y/o la probabilidad de ocurrencia del suceso. La minoración del impacto y la disminución de la probabilidad de ocurrencia afectan de forma distinta al riesgo acumulado y al riesgo repercutido. Por ello, tras la aplicación de dichas medidas es preciso

repetir los cálculos para obtener un nuevo riesgo acumulado y un nuevo riesgo repercutido (véase flujo indicado en rojo en figura 1). El riesgo acumulado que se obtiene tras la aplicación de las medidas se denomina *riesgo acumulado residual* -se representa por RAR- y significa el valor del riesgo acumulado que permanece en el proyecto tras aplicar las medidas de disminución de impacto y probabilidad.

Del mismo modo es preciso recalcular el nuevo riesgo repercutido, que se denominará riesgo repercutido residual. El *riesgo repercutido residual* -se representa por RRR- es el riesgo repercutido que permanece en el proyecto tras la aplicación de las medidas de disminución de impacto y probabilidad, denominadas *medidas de salvaguarda*.

Por tanto, llegados a este punto, se dispone de dos valores de riesgo: el RAR y el RRR. Con estos dos valores se deben establecer planes de respuesta para los mismos. El primero mide el riesgo que permanece en el conjunto de activos del proyecto tras la aplicación de medidas de salvaguarda respecto a una amenaza concreta. El segundo mide el riesgo que permanece en un activo del proyecto tras la aplicación de medidas de salvaguarda respecto a todas las amenazas sobre él o sobre los activos de los que depende.

b) Juicio de expertos

En el análisis presentado anteriormente, el número de cálculos a realizar excede notablemente de los que cualquier persona puede realizar sin ayuda de un sistema de información. Es por esto que contar con expertos que nos asesoren sobre qué riesgos son realmente relevantes puede ayudar a simplificar el análisis. La eliminación de algunos riesgos con el fin de hacer más sencillo el estudio de los riesgos sobre el proyecto requiere de personal con experiencia que nos ayude en la toma de decisión sobre qué riesgos descartar y cuáles no.

2.5. Realizar el plan de respuestas a los riesgos (GRP5)

A) Descripción de la actividad

Las actividades de gestión de riesgos que hasta ahora se han realizado han dado como resultado un conjunto de activos sometidos a riesgos residuales, bien riesgos acumulados, bien riesgos repercutidos. Tal y como se adelantó en el apartado anterior, es obligatorio realizar un plan de respuesta a cada uno de estos riesgos residuales. Por ejemplo, supongamos que hemos llegado a la conclusión de que el riesgo acumulado de la amenaza «robo» sobre el activo «servidor web» es alto. En ese caso deberemos plantearnos cómo manejar ese riesgo, qué hacer para que el proyecto pueda culminar a pesar de la existencia de dicho riesgo.

Esta actividad se plantea precisamente qué hacer con dichos riesgos residuales. Para ello se parte del resultado de las actividades anteriores: qué activos están sometidos a riesgos y qué riesgos residuales se han identificado que, junto con el plan de riesgos inicial, deben dar respuesta a cómo manejarlos.

El producto de esta actividad es un conjunto de acciones respecto a cada uno de los riesgos (acumulados y repercutidos) residuales. El director de proyecto puede optar por deci-

siones variadas en cada uno de los casos, que pueden ir desde asumir el riesgo y los posibles costes que tenga su materialización, hasta implantar medidas de mitigación del impacto.

En el siguiente epígrafe veremos las técnicas y herramientas de que dispone el jefe de proyecto para manejar los distintos escenarios.

B) Técnicas. Herramientas

a) *Estrategias de gestión de riesgos residuales*

Las estrategias de gestión de los riesgos residuales las podemos clasificar en dos grandes grupos, según interese o no potenciar su impacto:

- Estrategias para amenazas (riesgos negativos).
- Estrategias para oportunidades (riesgos positivos).

Las estrategias para riesgos negativos pasan a minorar de una u otra forma el impacto sobre el proyecto en caso de materialización del riesgo. Podemos identificar hasta cinco estrategias diferentes.

- Estrategia de evitación. La *estrategia de evitación* consiste en buscar una forma alternativa de resolver el problema o la tarea sin necesidad de incurrir en el riesgo, de modo que evitamos la exposición. Por ejemplo, supongamos que tenemos que cruzar un río y tenemos planificado cruzarlo a través de un puente en estado deficiente y con posibilidades de que se derrumbe. En este caso, la estrategia de evitación puede ser buscar otro puente que nos permita conseguir el objetivo de alcanzar la otra orilla.
- Estrategia de mitigación o reducción de daños. Esta estrategia asume que el riesgo se puede materializar, pero adopta medidas para que en caso de que se produzcan los daños sean los menos posibles. Es decir, en el caso del ejemplo, se acepta que el puente se pueda caer. Pero a la vez se adoptan medidas previas como disponer colchones de grandes dimensiones inflables bajo el puente. Es evidente que no se hace nada por evitar el riesgo, sino que las medidas se encaminan a minorar el daño producido.
- Estrategia de transferencia de daños. La *transferencia de daños* es una alternativa consistente en el pago de una cantidad económica a un tercero que asuma los costes en el caso de que el riesgo se materialice. Es lo más parecido a un «seguro». Transferimos a la entidad aseguradora el riesgo de que la amenaza se materialice. La prima que se pague debe ser evidentemente menor que el coste total de los daños. Esta opción permite que con un coste relativamente bajo se pueda asumir el riesgo. En el caso del ejemplo, una empresa aseguradora asume el riesgo que causaría la rotura del puente.
- Estrategia de aceptación del riesgo. Esta opción es sin duda la más barata (coste 0) en caso de que el riesgo no se materialice. Ahora bien, es la más cara en caso de que el riesgo se realice. En el ejemplo del puente, consiste en asumir que se cruza

el puente y que encomendamos el resultado al azar. En ocasiones, adoptar una decisión al azar resulta más ventajoso (y barato) que cualquier otra opción, como veremos el apartado que dedicaremos a técnicas cuantitativas.

- Estrategia de eliminación del riesgo. Esta estrategia es posible cuando el riesgo obedece a causas manejables por el director de proyecto. Por ejemplo, supongamos un proyecto en el que es necesario contratar recursos con conocimientos del programa BIM, los cuales son escasos en el mercado. El jefe de proyecto puede eliminar el riesgo si propone el empleo de una alternativa a BIM, de forma que la escasez de recursos deje de ser un problema.

En el caso del puente, se puede optar por reforzar el puente, derruirlo y utilizar los escombros para construir pontones sobre el río o cualquier otra acción con el puente que no lo utilice en el estado actual.

Las estrategias para oportunidades (riesgos positivos) son las siguientes:

- Estrategia de aceptación. Esta estrategia es empleada cuando ante un riesgo que representa una oportunidad el jefe de proyecto no hace nada por buscarla ni potenciarla. Se entiende que si se produce, será un beneficio para el proyecto, pero tampoco existe la voluntad de fomentar su materialización. Volviendo al ejemplo del puente, se ha observado que existe la posibilidad de cruzar el río si un árbol que hay en la orilla se cae definitivamente. Esta estrategia no provocaría la caída del árbol, sino que tan solo esperaría a que ello se produjera. Si no se produce, ejecutaría los planes iniciales para cruzar el puente.
- Estrategia de adecuación y mejora. Esta estrategia persigue incrementar la probabilidad de que la oportunidad se haga real e incrementar el impacto positivo de la misma. En el caso del puente, cavaría alrededor del árbol para provocar la caída y limpiaría el entorno para evitar que el árbol quede a medio caer. Se trata de aprovechar la oportunidad que representa la caída del árbol para cruzar el puente.
- Estrategia de compartición. Esta estrategia busca beneficios compartidos con agentes que estén interesados en la materialización de lo que para el director de proyecto es una amenaza. Por ejemplo, en el caso del puente, los guardas forestales están interesados en derribar el árbol, pues supone un peligro para el resto de árboles y los senderistas. En ese caso haremos copartícipes del objetivo de derribo a los agentes forestales, compartiendo el beneficio de la materialización de la caída del árbol. Por diferentes motivos el director de proyecto y los agentes están interesados en la caída del árbol.
- Estrategia de explotación. Esta estrategia busca proactivamente la materialización del riesgo por los aspectos positivos que ello representa. En el caso del ejemplo, el director de proyecto puede contratar una empresa de talar árboles para asegurarse el derribo del árbol. No se persigue incrementar la probabilidad de que caiga, sino que directamente se provoca la materialización de la oportunidad por los beneficios que reporta.

b) Juicio de expertos

En cualquiera de los casos, el director de proyecto puede contar con un equipo asesor sobre cómo actuar ante cada riesgo residual.

2.6. Monitorizar los riesgos (GRP6)

A) Descripción de la actividad

La actividad de monitorización de los riesgos tiene la misión de revisar permanentemente el estado de cada amenaza (u oportunidad) para actualizar las previsiones sobre su posible materialización. Esto repercute, sobre todo, en la probabilidad de ocurrencia, por lo que es necesario estar recalcando constantemente los riesgos residuales con base en las actualizaciones de probabilidad. También es necesario recalcular los impactos, puesto que la evolución de las amenazas puede hacer cambiar la valoración de impactos. Por ejemplo, si un riesgo para un proyecto de ingeniería civil es una inundación y se avisa de que se acerca una gota fría, dana o inclemencia climatológica que pueda causar una inundación, será necesario actualizar periódicamente tanto la probabilidad como el daño que cause su materialización.

Para esta actividad contaremos con la lista de riesgos (amenazas y oportunidades) identificados y los riesgos residuales calculados. Esto servirá de referencia para actualizar de forma periódica los riesgos residuales obtenidos, así como las estrategias a seguir con cada uno de ellos.

Además de estas entradas, contaremos con el plan de riesgos, pues ahí debe quedar reflejado el protocolo a seguir para la correcta monitorización de los riesgos: periodicidad, qué información recoger, a quién informar, qué hacer si se actualizan los valores de riesgos e impactos, etc.

El resultado de la actividad serán actualizaciones sobre los valores de los riesgos del proyecto, así como posibles solicitudes de cambio para promover, evitar, etc. cada uno de los riesgos u oportunidades. También se deberán actualizar las respuestas a los riesgos en el caso de que se detecten errores en las mismas, o que el equipo no esté en condiciones de ejecutar la respuesta, si el riesgo se materializa.

B) Técnicas. Herramientas

a) Auditorías

Esta técnica consiste en revisar de forma sistemática la respuesta a los riesgos de modo que dicha respuesta:

- Sea acorde al riesgo residual calculado.
- Esté operativa tan pronto se materialice el riesgo o amenaza (eventualmente, se requerirán ensayos para comprobar que la respuesta se llevará a cabo sin problemas; esto es habitual, por ejemplo, en ensayos de evacuación en casos de incendio).

b) Análisis de riesgos (reevaluación)

Esta actividad es la repetición de la analizada anteriormente, pero se repetiría en cada ciclo de monitorización de riesgos para actualizar los valores de riesgos residuales.

2.7. Conclusión o cierre de actividades abandonadas o pospuestas (GRP7)

A) Descripción de la actividad

En el caso de que se observe que las actividades de gestión de riesgos planificadas no son realmente necesarias, suele suceder que estas se abandonan a mitad del proyecto. Es por ello recomendable ejecutar esta actividad que formaliza el cierre de las mismas. Las entradas que se deben considerar son las actividades que se adaptaron o adoptaron y que finalmente no se ejecutaron. Y como salida tendremos la formalización del cierre de las mismas.

No obstante, en el caso de la gestión de riesgos, el cierre de actividades no es habitual. Es más frecuente dejar de realizar análisis sobre algunos de los riesgos porque han dejado de ser tales.

B) Técnicas. Herramientas

Dado que se trata de un cierre administrativo desde el punto de vista de la gestión del proyecto, no requiere técnicas o herramientas específicas.

3. Un ejemplo de análisis cualitativo

Enunciado. El proyecto eClients del despacho de abogados cuenta con tres activos A (servidor de web), B (servidor ficheros), C (wifi) sometidos a tres amenazas Am1, Am2 y Am3, con diferentes probabilidades (MB , M , A). Se sabe que A depende de B y que B depende de C. Por simplicidad, asumiremos que los valores V_A , V_B y V_C de los activos ante cualesquiera amenazas son M , MB y MA , respectivamente. Las degradaciones causadas por las amenazas en cada activo sobre el que incide son MB , M y MA , respectivamente. La salvaguarda solo disminuye la probabilidad de ocurrencia de la amenaza 3 hasta MB . Evaluar los riesgos residuales y plantear cómo actuar, considerando que la aversión al riesgo del despacho de abogados se sitúa en el nivel A. (**Nota.** Para evitar confusiones denotaremos con cursiva a los valores de activos, degradación, probabilidad, etc. y sin cursiva, a los activos A, B, C).

Solución. En primer lugar identificamos los activos y sus relaciones:

Los activos los denotamos por A, B y C y las relaciones entre ellos son:

$A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$, que podemos representar de forma resumida como $A \rightarrow B \rightarrow C$

Los valores de estos activos son M , MB y MA , tal y como indica en el enunciado.

En segundo lugar, evaluamos los conjuntos supremos de cada activo:

$$\text{SUP}(A) = \emptyset, \text{ pues ningún activo depende de } A$$

$$\text{SUP}(B) = \{A\}, \text{ pues el activo } A \text{ depende de } B$$

$$\text{SUP}(C) = \{A, B\}, \text{ pues } A \text{ y } B \text{ dependen de } C$$

Y a continuación los valores acumulados:

- $\text{VAcu}(A) = M$, que se corresponde con el propio valor de A .
- $\text{VAcu}(B) = \max(V_B, \text{SUP}(B)) = \max(MB, M) = M$, que es el valor máximo entre B y A , es decir, el máximo entre MB y M .
- $\text{VAcu}(A) = MA$, que representa el máximo de los valores de C y aquellos que dependen de C (es decir, B y A).

Las amenazas directas sobre A , B y C causan degradaciones MB , M y MA , respectivamente, tal y como se indica en el enunciado.

Con estos datos ya podemos evaluar los riesgos acumulados:

$$\text{IA}(i) = \text{VAcu}(i) \times \text{Degr}(i)$$

sustituyendo, obtenemos:

$$\text{IA}(A) = M \times MB = MB$$

$$\text{IA}(B) = B \times M = B$$

$$\text{IA}(C) = MA \times MA = MA$$

Una vez conocidos los valores de los impactos acumulados, se puede obtener el riesgo acumulado a partir de la probabilidad de cada amenaza:

$$\text{RA}_i(\text{Am}_i) = \text{IA}_i \times \text{Prob}(\text{Am}_i)$$

particularizando, queda:

$$\text{RA}_A(\text{Am}_A) = MB \times MB = MB$$

$$\text{RA}_B(\text{Am}_B) = B \times M = B$$

$$\text{RA}_C(\text{Am}_C) = MA \times A = MA$$

A continuación pasamos a valorar los riesgos repercutidos. Para ello en primer lugar se evalúan los impactos repercutidos:

$$\text{IR}_i = \max(\text{Deg}(j)) \times V_i \quad \text{tal que } i \rightarrow j$$

Para el caso del activo A:

$$IR_A = \max(\text{Deg}(B, C)) \times V_A = \max(M, MA) \times M = MA \times M = M$$

Para el caso del activo B:

$$IR_B = \max(\text{Deg}(C)) \times V_B = \max(MA) \times MB = MA \times MB = MB$$

Para el caso del activo C:

$$IR_C = \max() \times V_C = \max() \times MB = MB \times MB = MB$$

Observemos en el caso del activo C, el máximo del conjunto vacío es 0 y resultaría

$$0 \times MB = 0$$

pero dado que se ha decidido emplear una escala de cinco valores, en vez de 0 asignaremos el valor MB .

El siguiente paso, una vez diponemos de los impactos repercutidos, es calcular los riesgos repercutidos. Se debe considerar la probabilidad de ocurrencia de cada amenaza particular, no la probabilidad de las amenazas sobre el activo en el que se evalúa el impacto. Es decir, si la amenaza es sobre el activo A, deberemos emplear la probabilidad de la amenaza A, independientemente de si calculamos el impacto repercutido en B o en C:

$$RR_i(Am_j) = IR_i \times \text{Prob}(Am_j)$$

particularizando esta expresión, obtendremos para el activo A:

$$RR_A(Am_C) = IR_A \times \text{Prob}(Am_C) = M \times A = A$$

Igualmente para los activos B y C:

$$RR_B(Am_C) = IR_B \times \text{Prob}(Am_C) = MB \times A = B$$

$$RR_C(-) = IR_C \times \text{Prob}(-) = MB \times MB = MB$$

nuevamente, en el activo C, al no existir amenazas de otros activos que le puedan afectar, la probabilidad debería ser 0, pero al contar solo con cinco valores posibles, asignamos MB .

Una vez se han calculado los riesgos acumulados y repercutidos, y analizados los resultados, se decide incorporar una salvaguarda que minora la probabilidad de ocurrencia de la amenaza sobre C desde el valor A hasta MB . Con esta información repetiríamos los cálculos.

En primer lugar, las degradaciones no se han visto afectadas, permaneciendo constantes los valores del enunciado. Las probabilidades de A y B no se han visto alteradas y la única actualización es la probabilidad de la amenaza sobre C.

Para recalcular los impactos acumulados, reutilizaremos los valores acumulados anteriormente calculados (no han sufrido alteración) y obtendremos los impactos acumulados residuales:

$$\text{IAR}(A) = M \times MB = MB$$

$$\text{IAR}(B) = M \times M = B$$

$$\text{IAR}(C) = MA \times MA = MA$$

Se observa que, evidentemente, son los mismos que antes, pues no se ha actualizado nada. Sin embargo, en cuanto a los riesgos acumulados residuales:

$$\text{RAR}_A(\text{Am}_A) = MB \times MB = MB$$

$$\text{RAR}_B(\text{Am}_B) = B \times M = B$$

$$\text{RAR}_C(\text{Am}_C) = MA \times MB = A$$

Observamos que el valor de RAR_C ha pasado de MA a A , es decir, ha disminuido como cabía esperar.

Procedemos de igual modo con los impactos repercutidos:

Para el caso del activo A:

$$\text{IRR}_A = \max(\text{Deg}(B, C)) \times V_A = \max(M, MA) \times M = MA \times M = M$$

Para el caso del activo B:

$$\text{IRR}_B = \max(\text{Deg}(C)) \times V_B = \max(MA) \times MB = MA \times MB = MB$$

Para el caso del activo C:

$$\text{IRR}_C = \max() \times V_C = \max() \times MB = MB \times MB = MB$$

Y, por último, repetimos los cálculos para evaluar los riesgos repercutidos residuales:

$$\text{RRR}_A(\text{Am}_C) = \text{IR}_A \times \text{Prob}(\text{Am}_C) = M \times MB = B$$

Igualmente para los activos B y C:

$$\text{RRR}_B(\text{Am}_C) = \text{IR}_B \times \text{Prob}(\text{Am}_C) = MB \times MB = MB$$

$$\text{RRR}_C(-) = \text{IR}_C \times \text{Prob}(-) = MB \times MB = MB$$

En este caso observamos que los riesgos repercutidos sobre A y B han disminuido, lo cual es lógico, pues la probabilidad del riesgo que indirectamente les afectaba ha decrecido.

Vistos los resultados de los riesgos residuales, vemos que ninguno alcanza el nivel soportable por la organización (nivel A, tal como se indica en el enunciado), por lo que no habría que tomar medidas de evitación, compartición, eliminación o cualquier otra.

4. Aspectos relevantes sobre el análisis cuantitativo

Todo lo que se ha explicado anteriormente sirve para evaluar los riesgos en un proyecto desde un punto de vista cualitativo. Es cierto que con la tabla 8 podemos trasladar esos riesgos a un valor cuantitativo desde el punto de vista económico (los valores de dicha tabla se deben adaptar a cada organización).

Sin embargo, desde el punto de vista del procedimiento, el análisis cuantitativo presenta algunas diferencias con el análisis cualitativo. Por ejemplo, los valores de degradación y probabilidad se presentan en términos de porcentaje. Los valores de los activos se presentan de forma numérica, y algunas valoraciones cambian la formulación. Así, el cálculo del valor acumulado no se expresa como el máximo de los valores propios y dependientes, sino que se expresa mediante la suma de todos ellos. Dado que los valores de los activos son valoraciones numéricas, ahora ya es posible realizar la suma de todos ellos. Otras diferencias las encontramos en el cálculo de los impactos, pues en el caso del análisis numérico, el impacto se puede expresar mediante una función matemática (normalmente, el producto) que aumente conforme crecen el valor del activo y la degradación que experimenta. De igual modo, el riesgo se puede calcular mediante otra expresión matemática (ya no es necesario recurrir a tablas) que aumente con la probabilidad de ocurrencias y con el impacto sufrido ante una amenaza (por ejemplo, la función producto).

La aplicación de un método numérico es compleja y requiere de la utilización de herramientas y sistemas de información, de lo contrario el método es inviable por la gran cantidad de cálculos que es necesario realizar. Por este motivo no entraremos en más detalle respecto al análisis cuantitativo de los riesgos.

Sin embargo, existen algunas técnicas y herramientas cuantitativas que son utilizables conjuntamente con el análisis cualitativo. Por ejemplo, para la selección de alternativas y tomas de decisión, para la simulación de escenarios, representación de la incertidumbre, entre otros. Veamos a continuación las técnicas más principales.

4.1. Diagrama de representación de la incertidumbre

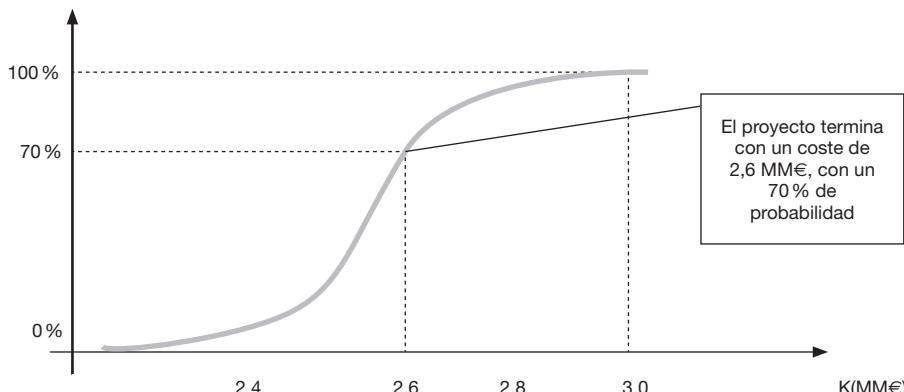
El diagrama de representación de la incertidumbre se emplea cuando no se sabe de forma cierta el valor que tomará una variable, pero, sin embargo, se conoce de forma aproximada la probabilidad de ocurrencia de cada valor. En ese caso, es habitual representar un diagrama en el que el eje (x) toma los posibles valores de dicha variable y el eje (y) toma los valores de frecuencia acumulada.

Por ejemplo, supongamos que hay que dar el presupuesto de un proyecto, pero debido a la variabilidad existente en cada elemento del presupuesto, se genera una incertidumbre en el valor final. En estos casos se puede recurrir a la representación mediante un diagrama de incertidumbre (también denominado diagrama de frecuencia) en el que se representa la probabilidad de que el presupuesto sea menor que una cantidad dada X_0 . Para cada valor de (x), la altura (y) representa la probabilidad de que el presupuesto sea menor que (x). Evidentemente, para el valor máximo del presupuesto, (y) toma el valor 100 %.

EJEMPLO 1

En el proyecto de eClients se ha realizado una estimación de la frecuencia de costes de este tipo de proyectos, con base en la experiencia que aportan los informáticos en otros proyectos similares. Al realizar el gráfico de frecuencias acumuladas, se obtiene lo siguiente:

■ Figura 2. Diagrama de representación de la incertidumbre



4.2. Método de MonteCarlo

En ocasiones, la obtención del valor de una variable no es sencilla por métodos directos, es decir, por mediciones directas. Sin embargo, es posible llegar a medir dicha variable por métodos indirectos en combinación con la aplicación de técnicas estadísticas.

El método de MonteCarlo se emplea para medir este tipo de variables mediante la simulación con experimentos cuyo resultado sea el mismo que el de la variable que se pretende medir, pero que sean sencillos de realizar.

EJEMPLO 2

Para el proyecto eClients del depacho de abogados, en el camino crítico las actividades de preparación del documento(A) y escaneado(B) son secuenciales y tienen una muy alta dependencia.

La duración de cada tarea tiene una duración aleatoria entre 0 y 1, pero solo se pueden realizar si no tardan demasiado, concretamente si $(t_A)^2 + (t_B)^2 \leq (1)^2$.

Los documentos que tardan demasiado en ser preparados o escaneados se dejan para un tratamiento posterior. ¿Qué porcentaje de tareas podremos terminar?

Evidentemente, una forma de conocer el porcentaje de tareas que se podrán terminar es medir directamente mientras se están escaneando los documentos. Pero este método requiere que se realice el escaneado. Si deseamos conocer *a priori* cuántas tareas se podrán terminar, es mejor recurrir a una simulación de MonteCarlo. Se trata de buscar un experimento sencillo de realizar y cuyo resultado sea el mismo que el que se pretende medir.

Para ello, si representamos t_A y t_B en un diagrama y ponemos los límites entre los que oscilan ambas variables, 0 y 1, obtenemos un cuadrado que va de 0 a 1. Podemos poner t_A en el eje horizontal y t_B en el vertical, de modo que en ambos cada tarea se corresponderá con un par (t_A, t_B) .

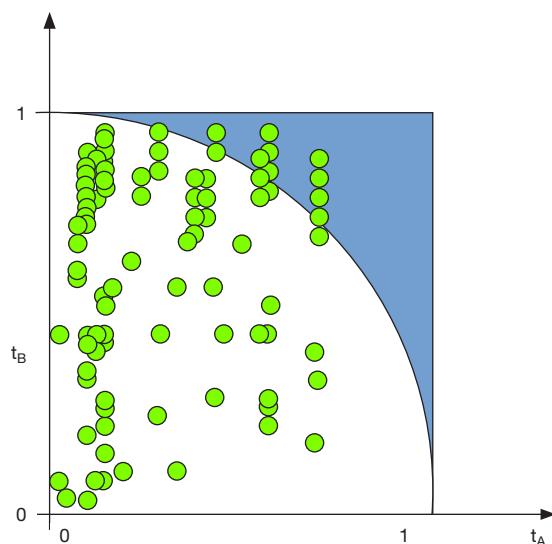
Sin embargo, de todas estas tareas, es decir, de cada punto que representemos en dicho cuadrado, solo aquellas tareas que verifiquen $(t_A)^2 + (t_B)^2 \leq (1)^2$ son válidas. Si observamos detenidamente esta expresión, la misma se corresponde con la ecuación de un círculo de radio 1 centrado en el punto $(0, 0)$. Por tanto, solo serán válidas las tareas que queden dentro del cuadrante del círculo de radio 1 dado por los valores positivos de t_A y t_B (dado que los tiempos son positivos, solo se trabaja en el primer cuadrante).

De este modo ya podemos evaluar la proporción de tareas que serán válidas. Asumiendo que las tareas se distribuyen uniformemente dentro del cuadrado de lado 1, solo aceptaremos aquellas que queden dentro del cuadrante del círculo de radio 1. Así, la proporción de tareas válidas se corresponde con la proporción de áreas entre el círculo y el cuadrado de lado 1:

$$\% \text{ tareas_válidas} = \frac{\frac{\Pi \cdot r^2}{4}}{\frac{l^2}{4}} \cdot 100 = \frac{\frac{\Pi \cdot (1)^2}{4}}{\frac{1^2}{4}} \cdot 100 = \frac{\Pi}{4} \cdot 100 = 78,5\%$$

Por tanto, el porcentaje de tareas válidas será 78,5 %. La siguiente figura representa la simulación que se realizaría:

■ Figura 3. Simulación de MonteCarlo



Si simuláramos en una hoja de cálculo distintos tiempos para las tareas A y B, veríamos que la proporción de tareas válidas se aproxima al porcentaje que hemos calculado conforme crece el número de simulaciones.

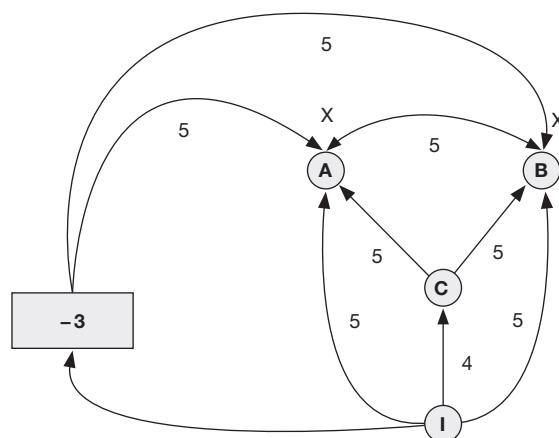
4.3. Toma de decisiones al azar

En ocasiones, tal como se adelantó en epígrafes anteriores, es preferible tomar una decisión al azar que optar por otros métodos de decisión. Para exponer esta casuística, examinemos el siguiente ejemplo.

EJEMPLO 3

Para el proyecto eClients del depacho de abogados, se está pensando en sustituir completamente la web o en rediseñarla. Al inicio(I), no se tiene claro qué hacer (cualquier opción llevaría cinco semanas), pero si los ingenieros se ponen a pensar la mejor opción, tardarán cuatro semanas en decidir(C). Una vez seleccionada la opción, los informáticos tardarán cinco semanas en implementar la nueva web(A), o bien los cambios a la web antigua(B). Si durante la implementación se dan cuenta de que era mejor la otra opción, deben abandonar y tardarán otros cinco días en la nueva solución. La consecución de cualquiera de las dos soluciones reportará X M€, pero cada semana se estima que penaliza el proyecto con Y M€ por pérdida de mercado. Nos informan en recursos humanos que acaban de recibir un currículum de un antiguo empleado de la competencia que acaba de realizar el mismo proyecto y que podría colaborar como *freelance*, pero tiene un coste equivalente a tres semanas de penalización. La solución a este ejercicio comienza por la representación gráfica de las alternativas planteadas y calcular para cada una de ellas el beneficio obtenido:

■ Figura 4. Esquema de alternativas posibles



Analicemos el beneficio asociado a cada una de las opciones:

- Opciones deterministas:

1. Esperar a encontrar la mejor opción

$$B = X - 4Y - 5Y = X - 9Y$$

2. Contratar al antiguo empleado

$$B = X - 3Y - 5Y = X - 8Y$$

- Opción no determinista:

1. Seleccionar cualquier opción inicialmente

$$B1 = X - 5Y$$

2. Si durante el desarrollo cambiamos de decisión

$$B2 = X - 5Y - 5Y \text{ (en el peor de los casos, cambiamos el último día a última hora)}$$

$$\text{En promedio, } E[B] = (B1 + B2)/2 = X - 7,5Y$$

Por tanto, se concluye que la opción no determinista (aleatoria) genera en promedio un beneficio de $X - 7,5Y$, mejor que cualquiera de las opciones deterministas (obviamente el caso no determinista es el que no haya que cambiar de estrategia).

4.4. Diagrama de árbol

En ocasiones se dispone de información suficiente sobre los costes y beneficios de cada opción, así como de las probabilidades asociadas. Esto no implica que el proceso sea determinista, pero al menos conocemos las frecuencias de ocurrencia de sucesos. En estos casos, una buena solución consiste en construir un diagrama de árbol y calcular la mejor opción estadísticamente hablando.

Para ilustrar esta situación veamos el siguiente ejemplo.

EJEMPLO 4

Para el proyecto eClients del depacho de abogados, se está pensando en sustituir completamente la web o en rediseñarla.

Hacerla nueva tiene un coste de 120M, mientras que adaptarla tiene un coste de 50M.

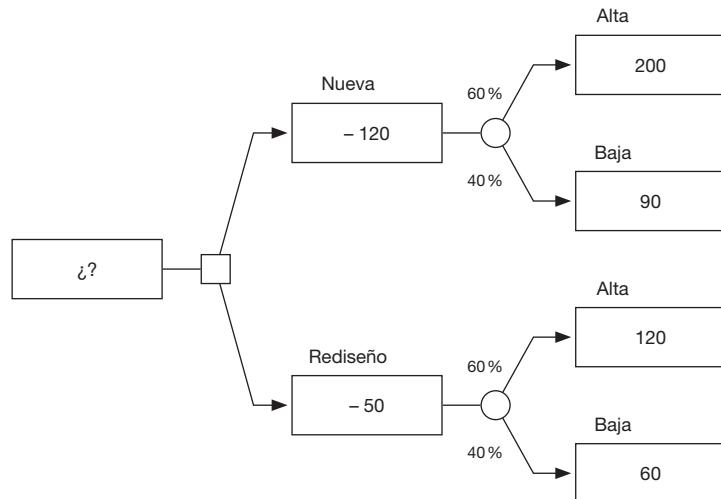
La demanda en cada caso es incierta, pero se estima que con la nueva web habrá una fuerte demanda, con un 60 % de probabilidades y se captarían ingresos por 200M.

En el caso de que la demanda fuera moderada o débil, los ingresos se reducirían a 90M.

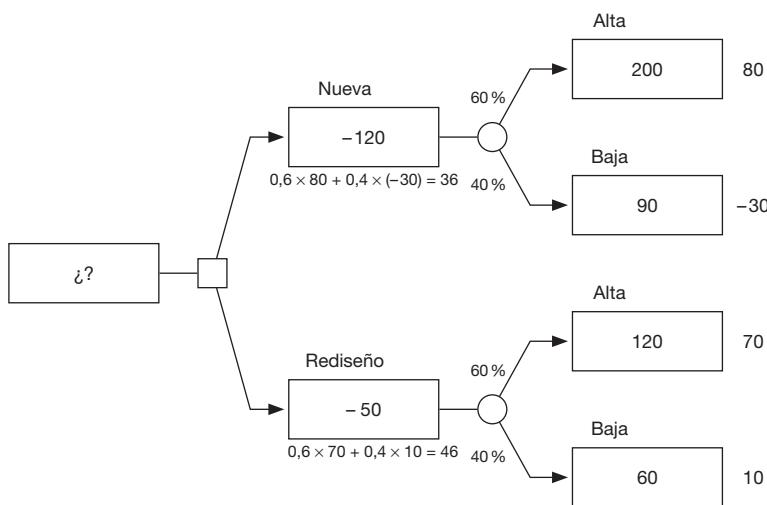
Si se rediseña la web, los ingresos oscilarían entre 120M en el mejor de los casos y 60M, en el caso más desfavorable.

Para solucionar este problema, lo primero es construir el gráfico con las alternativas posibles y asociar los valores de cada opción:

■ Figura 5. Opciones iniciales



■ Figura 6. Opciones iniciales con los valores calculados



A partir del gráfico inicial, calculamos en primer lugar el beneficio de cada opción final. Por ejemplo, si hacemos la web nueva y hay una alta demanda:

$$B = 200 - 120 = 80M$$

y repetiríamos esto con el resto de opciones.

A continuación, se debe calcular la esperanza de cada posible decisión (hacer la web nueva o rediseñarla) considerando las probabilidades indicadas. Así, el beneficio asociado a hacer una nueva web será:

$$B = 0,6 \times 80 + 0,4 \times (-30) = 36M$$

y lo mismo con la otra opción. En el caso de haber más opciones, el cálculo se repetiría con todas. El valor 36M significa que si tomáramos muchas veces esta decisión, unas veces ganaríamos 80 y otras -30M, pero en promedio (considerando las frecuencias indicadas), se ganaría 36M.

Una vez hemos calculado el resultado para todas las opciones, se seleccionaría la más beneficiosa, en este caso rediseñar la web, con un beneficio esperado de 46.

Conceptos básicos

En este capítulo hemos estudiado la gestión de los riesgos en un proyecto. La gestión de riesgos comporta un conjunto de actividades que habitualmente no se pueden segregar y, por consiguiente, cada vez que sea necesario realizar el estudio de riesgos en un proyecto, se abordarán todas ellas.

Existen dos modelos para evaluar el riesgo en los proyectos: cuantitativo y cualitativo. Dada la dificultad de los cálculos y sobre todo que la información obtenida con el cualitativo es igualmente válida, emplearemos normalmente este segundo método. Además, con la definición adecuada de tablas es posible realizar el paso a un modelo cuantitativo sin demasiado problema.

El conjunto de actividades identificado en este grupo de actividad es el siguiente:

- Identificación de las actividades del área de gestión de riesgos que se adoptarán/ adaptarán en el proyecto (GRP1).
- Realizar el plan de riesgos del proyecto (GRP2).
- Identificación de los riesgos sobre el proyecto (GRP3).
- Análisis de los riesgos sobre el proyecto (cuantitativo/cualitativo) (GRP4).
- Realizar el plan de respuestas a los riesgos (GRP5).
- Monitorizar los riesgos (GRP6).
- Conclusión o cierre de actividades abandonadas o pospuestas (GRP7).

Las actividades más importantes son claramente la GRP2, GRP3, GRP4 y GRP5, en especial, las GRP3 y GRP4.

De forma muy resumida, el modelo plantea la identificación de activos, su valoración y la identificación de amenazas. Tras evaluar la degradación que causa cada amenaza y estudiar las relaciones de dependencia entre el conjunto de activos, determinamos los riesgos acumulados (valor del daño causado por una amenaza) y los riesgos repercutidos (valor de los daños causados en un activo). En función de los resultados obtenidos, se puede plantear una serie de medidas para minorar la degradación causada por la amenaza, o bien para minorar la frecuencia de ocurrencia, en cualquiera de los casos, el riesgo acumulado y repercutido disminuirán.

Tras este primer paso, se recalculan los riesgos acumulados y repercutidos, que pasan a llamarse riesgos residuales acumulados y repercutidos. El resultado final de estos riesgos residuales debe ser estudiado para proponer medidas de evitación, traspaso del riesgo, minimización, etc.

Por último, hemos visto algunas técnicas numéricas que pueden ser empleadas en conjunción con el método cualitativo para el estudio de riesgos.

Ejercicios voluntarios

1. Elaborar un conjunto de tablas y valores para la gestión de riesgos basadas en tres valores.
2. ¿Qué es MAGERIT?
3. Un proyecto consta de tres activos, entre los que existen las relaciones A→B y A→C. Los valores de A, B y C son, respectivamente M, M, M. Cada activo está sometido a una amenaza de probabilidad MA, las cuales causan una degradación MB, MB y A, respectivamente.
Calcular los riesgos acumulados y repercutidos.
4. Para el caso del ejercicio anterior, se propone una medida para minimizar la degradación de A, B y C hasta el valor MB. Calcular los riesgos residuales.
5. A partir del resultado del ejercicio anterior, proponer una estrategia de gestión de los riesgos obtenidos.