

## 1. OBJETIVO

Establecer las diferentes técnicas y herramientas para la identificación, análisis y valoración de riesgos, que podrán ser utilizadas en el marco de la aplicación de los lineamientos del Manual de Riesgos Contractuales.

## 2. ALCANCE

En esta guía se resumen e indican algunas técnicas y herramientas de valoración de riesgos, basadas en el contenido de la norma NTC-IEC/ISO 31010:2013 Gestión del Riesgo, Técnicas de Valoración del Riesgo, que serán útiles al momento de realizar los pasos de identificación, análisis y evaluación de riesgos.

## 3. DEFINICIÓN DE TERMINOS

**3.1. Posibilidad:** Potencial de que algo suceda.

**3.2. Oportunidad:** Combinación de circunstancias que se espera que sean favorables a los objetivos.

**3.3. Factor de riesgo:** Factor que tiene influencia importante en el riesgo.

**3.4. Amenaza:** Fuente potencial de peligro, daño u otro resultado indeseable.

## 4. DESARROLLO DE ACTIVIDADES

### 4.1. TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE RIESGOS

Una combinación de varias técnicas podría resultar en un estudio de riesgos adecuado y con menos incertidumbre en la caracterización de cada uno de los riesgos valorados.

El listado aquí desarrollado no es una lista exhaustiva de los instrumentos disponibles que puedan ser aplicados, se incluyen algunas técnicas y herramientas resumidas que se utilizan cuando se realizan ejercicios de administración de riesgos.

### 4.2. APLICACIÓN

#### 4.2.1. Tipos de Técnicas

Esta clasificación muestra cómo se aplican las técnicas a cada paso del proceso de valoración de riesgos.

Para cada paso correspondiente, la aplicabilidad de las herramientas y técnicas se describe así:

- a) Rotundamente Aplicable (RA).
- b) Aplicable (A) o
- c) No aplicable (NA).

Tabla 1. Aplicabilidad de las herramientas para valoración del riesgo.

Herramientas y Técnicas	Proceso de Valoración de Riesgo				
	Identificación de Riesgos	Análisis de Riesgo			Evaluación de Riesgo
		Consecuencia	Probabilidad	Nivel de Riesgo	
Lluvia de ideas	RA	NA	NA	NA	NA
Panel de Expertos (PE)	NA	RA	RA	RA	RA
Técnica Delphi	RA	NA	NA	NA	NA
Entrevistas estructuradas o semiestructuradas	RA	NA	NA	NA	NA
Lista de verificación	RA	NA	NA	NA	NA
Técnica estructurada "Qué pasa si" (SWIFT)	RA	RA	RA	RA	RA
Análisis de escenario	RA	RA	A	A	A
Análisis preliminar de peligros (PHA)	RA	NA	NA	NA	NA
Estudios de riesgos y operabilidad (HAZOP)	RA	RA	A	A	A
Análisis de árbol de fallas	A	RA	A	A	NA
Simulación de Monte Carlo	NA	NA	NA	NA	RA
Matriz de consecuencias y probabilidades	RA	RA	RA	RA	A

#### 4.2.2. Factores que influyen en la selección de técnicas de valoración de riesgos

A continuación, se describen los atributos de los métodos en los términos de:

- a) Complejidad del problema y los métodos necesarios para analizarlo.
- b) La naturaleza y el grado de incertidumbre de la evaluación de riesgos basada en la cantidad de información disponible y lo que se requiere para satisfacer los objetivos.

- c) La extensión de los recursos requeridos en términos de tiempo y nivel de experiencia, necesidades de datos o si el método puede proporcionar un resultado cuantitativo.

Tabla 2. Atributos de una selección de herramientas para valoración del riesgo

Ejemplos de Tipos de técnica y método de valoración de riesgos	Descripción	¿Es posible un resultado cuantitativo?
<b>MÉTODOS DE BÚSQUEDA</b>		
Lista de verificación	Una forma simple de identificación de riesgos. Una técnica que proporciona una lista de incertidumbres típicas que deben considerarse. Los usuarios se refieren a una lista, códigos o estándares previamente desarrollados.	No
Análisis preliminar de peligros (PHA)	Un método simple de análisis inductivo cuyo objetivo es identificar los peligros y las situaciones peligrosas y los eventos que pueden causar daño a una determinada actividad, instalación o sistema.	No
<b>MÉTODOS DE APOYO</b>		
Lluvia de ideas y Entrevistas estructuradas o semiestructuradas	Un medio para recopilar un amplio conjunto de ideas y evaluaciones, las cuales son clasificadas por un equipo. La lluvia de ideas puede ser estimulada por pautas o por técnicas de entrevista personalizadas o de grupo.	No
Técnica Delphi	Un medio para combinar las opiniones de los expertos que pueden respaldar la identificación de la fuente y la influencia, la estimación de probabilidad, la consecuencia y la evaluación del riesgo. Es una técnica de colaboración para generar consenso entre los expertos. Involucrar análisis independientes y votación por expertos.	No
Técnica estructurada "Qué pasa si" (SWIFT)	Un sistema para inducir a un equipo a identificar los riesgos. Normalmente se usa dentro de un taller facilitado. Regularmente vinculado a una técnica de análisis y evaluación de riesgos.	No
<b>ANÁLISIS DE ESCENARIOS</b>		
Análisis de escenario	Los posibles escenarios futuros se identifican a través de la imaginación o la extrapolación del presente y se consideran diferentes riesgos, asumiendo que cada uno de estos escenarios podría ocurrir. Esto se puede hacer formal o informalmente de forma cualitativa o cuantitativa.	No
Análisis de árbol de fallas	Una técnica que comienza con el evento no deseado (evento máximo) y determina todas las formas en que podría ocurrir. Estos se muestran gráficamente en un diagrama de árbol lógico; una vez que se ha desarrollado el árbol de fallas, se debe considerar formas de reducir o eliminar causas / fuentes potenciales.	Si
<b>ANÁLISIS DE FUNCIÓN</b>		
Estudios de riesgos y operabilidad (HAZOP)	Un proceso general de identificación de riesgos para definir posibles desviaciones del rendimiento esperado o previsto. Utiliza un sistema basado en la palabra guía. Las criticidades de las desviaciones son evaluadas.	No

Ejemplos de Tipos de técnica y método de valoración de riesgos	Descripción	¿Es posible un resultado cuantitativo?
<b>MÉTODOS ESTADÍSTICOS</b>		
Simulación de Monte Carlo	<p>La simulación de Monte Carlo se usa para establecer la variación agregada en un sistema resultante de variaciones en el mismo, para un número de entradas, donde cada una tiene una distribución definida y dichas entradas están relacionadas con la salida a través de relaciones definidas. El análisis se puede usar para un modelo específico donde las interacciones de las diversas entradas se pueden definir matemáticamente. Dichas entradas pueden basarse en una variedad de tipos de distribución de acuerdo con la naturaleza de la incertidumbre que pretenden representar.</p> <p>Para la evaluación de riesgos, las distribuciones triangulares o distribuciones beta se utilizan comúnmente.</p>	Si

### 4.3. TÉCNICAS Y SU DESCRIPCIÓN

#### 4.3.1. Lluvia de ideas

La lluvia de ideas implica estimular y fomentar la conversación fluida entre un grupo de personas conocedoras, para identificar posibles modos de falla y peligros asociados, riesgos, criterios para las decisiones u opciones de tratamiento. El término "lluvia de ideas" se usa a menudo de manera muy vaga para referirse a cualquier tipo de discusión grupal; sin embargo, la verdadera lluvia de ideas involucra técnicas particulares para propiciar que la imaginación de las personas se desencadene a través de los pensamientos y las declaraciones del grupo.

La facilitación efectiva es muy importante en esta técnica e incluye la estimulación de la discusión en el inicio, las pautas periódicas del grupo en otras áreas relevantes y la captura de los problemas que surgen de la discusión.

##### 4.3.1.1. Uso

La lluvia de ideas se puede utilizar junto con otros métodos de evaluación de riesgos que se describen a continuación o puede ser independiente como una técnica para alentar el pensamiento imaginativo en cualquier etapa del proceso de gestión de riesgos. Puede usarse para discusiones de alto nivel donde se identifican dificultades para una revisión detallada de problemas particulares.

La lluvia de ideas hace un gran énfasis en la imaginación, por lo tanto, es particularmente útil cuando se identifican los riesgos de nuevas tecnologías, porque no hay datos o cuando se necesitan nuevas soluciones a los problemas sobrevinientes.

##### 4.3.1.2. Entradas

Un equipo multidisciplinario de personas con conocimiento de la organización, sistema, proceso o tema que se evalúa.

##### 4.3.1.3. Proceso

La lluvia de ideas puede ser formal o informal, la primera es más estructurada, requiere que los participantes estén preparados con anticipación ya que la sesión tiene un propósito y un resultado

claramente definido, el cual es, evaluar las ideas presentadas. La lluvia de ideas informal es menos estructurada y a menudo, más ad-hoc<sup>1</sup>.

En un proceso formal, se observan las siguientes características:

- a) El facilitador prepara mensajes de pensamiento motivadores de la actividad cognitiva sobre el tema específico y activadores apropiados al contexto antes de la sesión;
- b) Se definen los objetivos de la sesión y se explican las reglas a los participantes;
- c) El facilitador comienza una línea de pensamiento y todos exploran ideas que identifican tantos problemas como sea posible. No hay discusión en este momento sobre si las cosas debiesen o no, estar en una lista o qué significan declaraciones particulares, porque esto tiende a inhibir el libre pensamiento.
- d) Se aceptan todas las entradas y ninguna es criticada, la idea es que el grupo avance rápidamente para permitir que las ideas activen el pensamiento lateral<sup>2</sup>;
- e) El facilitador puede alejar a las personas en una nueva pista cuando se agota una dirección de pensamiento o la discusión se desvía demasiado. La idea, sin embargo, es recopilar tantas ideas diversas como sea posible para un análisis posterior.

#### 4.3.1.4. Salidas

Los productos dependen de la etapa del proceso de gestión del riesgo en el que se aplica, por ejemplo, en la etapa de identificación, los productos pueden ser una lista de riesgos y controles actuales.

#### 4.3.2. **Panel de expertos (PE)**

Esta técnica consiste en la reunión de un grupo de especialistas independientes y calificados en al menos uno de los temas o los campos concernidos por el asunto que se va a evaluar; el propósito es emitir un juicio colectivo y consensuado sobre dicho asunto.

##### 4.3.2.1. Entradas

Previa a la realización del PE, se deberá informar a todos los miembros que lo conforman, los antecedentes, objetivos y temas a tratar y se deberá remitir la documentación objeto de análisis que los miembros requieran. Se debe verificar que los expertos tengan un conocimiento mínimo necesario sobre el proyecto.

##### 4.3.2.2. Proceso

Debe existir una etapa previa de validación, por parte de los expertos, de la identificación de los riesgos del proyecto o las causas del riesgo bajo análisis previos. Si el panel tiene como propósito identificar los riesgos del contrato o causas del riesgo bajo análisis, los panelistas deben reunirse previamente con el estructurador del contrato. Para esta etapa se recomienda:

- a) Establecer las escalas de probabilidades y consecuencias: Para analizar los riesgos es necesario crear escalas cualitativas que reflejen los diversos niveles de probabilidad de ocurrencia de cada riesgo y, además, permita cuantificar el impacto dentro del proyecto en caso de su materialización. Los rangos deberán corresponder a las experiencias de los expertos y deben guardar coherencia con la valoración de los riesgos.

<sup>1</sup> Se emplea como locución adjetiva con el sentido de 'adecuado, apropiado, dispuesto especialmente para un fin.

<sup>2</sup> Edward De Bono, El uso del pensamiento lateral, 1967.

Se debe evitar construir rangos demasiado amplios que generen que la mayoría de los riesgos se concentren en una determinada posición. Con el fin de eliminar posibles respuestas que se ubiquen en el rango intermedio de valoración, que no sugieran una posición neutra por parte de los expertos.

- b) Valoración de las probabilidades y consecuencias por riesgo: Para cada riesgo identificado o causas de estos, los expertos procederán a valorar su probabilidad e impacto. Como mínimo deberán establecer rangos con un valor mínimo, medio y un valor máximo basado en la información particular del contrato bajo análisis. La forma en que dicha información será utilizada dependerá de la metodología de valoración que el panel utilice.
- c) Valoración de posibles sobrecostos y mayores plazos en los riesgos en donde sea pertinente.

#### 4.3.2.3. Salidas

Una vez todos los miembros del panel hayan realizado la valoración de las probabilidades e impactos de los riesgos, sus sobrecostos y mayores plazos o las causas del riesgo bajo análisis, el líder del taller procederá a aplicar la metodología seleccionada para agregar dichas valoraciones y realizar un pronóstico del sobrecosto y mayores plazos estimados para el proyecto.

#### 4.3.3. Técnica DELPHI

La Técnica Delphi es un procedimiento para obtener un consenso confiable de opinión de un grupo de expertos, una característica esencial de esta técnica es que los expertos pueden expresar sus opiniones de forma individual y anónima mientras tienen acceso a las opiniones del otro experto a medida que avanza el proceso.

##### 4.3.3.1. Uso

La técnica Delphi se puede aplicar en cualquier etapa del proceso de gestión de riesgos o en cualquier fase del ciclo de vida de un sistema, siempre que se necesite un consenso de las opiniones de los expertos.

##### 4.3.3.2. Entradas

Un conjunto de opciones para las cuales se necesita consenso.

##### 4.3.3.3. Proceso

Se cuestiona a un grupo de expertos mediante un cuestionario semiestructurado.

Los expertos no se reúnen para que sus opiniones sean independientes.

El procedimiento es el siguiente:

- a) Formación de un equipo para emprender y monitorear el proceso Delphi;
- b) Selección de un grupo de expertos (puede ser uno o más paneles de expertos);
- c) Desarrollo del cuestionario de una primera ronda, el número de rondas a realizar dependerá de la necesidad y resultados logrados desde la ronda 1 y hasta la ronda n
- d) Probar el cuestionario, determinando si las preguntas se ajustan correctamente a la realidad del asunto y si las eventuales respuestas pueden llevar al consenso;
- e) Enviar el cuestionario a los panelistas individualmente;

- f) La información de la primera ronda de respuestas se analiza, se combina y se vuelve a distribuir entre los panelistas;
- g) Los panelistas responden y el proceso se repite en n número de rondas hasta que se llegue a un consenso.

#### 4.3.3.4. Salidas

Convergencia hacia el consenso sobre el tema en cuestión.

#### 4.3.4. Entrevistas estructuradas o semiestructuradas

En una entrevista estructurada, a los entrevistados individuales se les formula un conjunto de preguntas preparadas a partir de un cuestionario que alienta al entrevistado a ver una situación desde una perspectiva diferente y así identificar los riesgos desde esa perspectiva. Una entrevista semiestructurada es similar, pero permite más libertad en una conversación para explorar los problemas que surgen.

##### 4.3.4.1. Uso

Las entrevistas estructuradas y semiestructuradas son útiles cuando es difícil reunir a las personas para una sesión de lluvia de ideas o cuando la discusión fluida en un grupo no es apropiada para la situación o las personas involucradas. Con mayor frecuencia se usan para identificar riesgos o para evaluar la efectividad de los controles existentes como parte del análisis de riesgos. Se pueden aplicar en cualquier etapa de un proyecto o proceso, por cuanto son un medio para proporcionar aportes de las partes interesadas a la evaluación de riesgos.

##### 4.3.4.2. Entradas

Las entradas incluyen:

- a) Una definición clara de los objetivos de las entrevistas;
- b) Una lista de entrevistados seleccionados de las partes interesadas relevantes;
- c) Un cuestionario.

##### 4.3.4.3. Proceso

Se crea un conjunto de preguntas relevantes para guiar al entrevistador, las mismas deben ser abiertas siempre que sea posible, deben ser simples, en un lenguaje apropiado para el entrevistado y buscar cubrir solo un tema. De igual manera, se preparan posibles preguntas de seguimiento para buscar una aclaración, luego se hacen preguntas a la persona entrevistada, teniendo cuidado de guiar su respuesta.

Las respuestas deben considerarse con cierto grado de flexibilidad para brindar la oportunidad de explorar áreas a las que el entrevistado pueda desear ir.

##### 4.3.4.4. Salidas

Los resultados son los puntos de vista de las partes interesadas sobre los temas que motivaron las entrevistas.

#### **4.3.5. Lista de Verificación**

Las listas de verificación son listas de eventos, riesgos o fallas de control que se han desarrollado generalmente a partir de la experiencia, ya sea como resultado de una evaluación previa de riesgos o como resultado de fallas pasadas.

##### **4.3.5.1. Uso**

Se puede usar una lista de verificación para identificar peligros y riesgos o para evaluar la efectividad de los controles. Se pueden usar en cualquier etapa del ciclo de vida de un producto, proceso o sistema o también como parte de otras técnicas de evaluación de riesgos, pero son más útiles cuando se aplican para verificar que todo se haya cubierto después de aplicar una técnica más imaginativa que identifica nuevos problemas.

##### **4.3.5.2. Entradas**

Es indispensable contar con información y experiencia previa sobre el tema, de modo que se pueda seleccionar o desarrollar una lista de verificación relevante y preferiblemente validada.

##### **4.3.5.3. Proceso**

El procedimiento es el siguiente:

- a) Definir el alcance de la actividad;
- b) Seleccionar una lista de verificación que cubre adecuadamente el alcance. Las listas de verificación deben seleccionarse cuidadosamente para el propósito. Por ejemplo, una lista de verificación de controles estándar no se puede utilizar para identificar nuevos peligros o riesgos;
- c) La persona o equipo que utiliza los pasos de la lista de verificación, a través de cada elemento del proceso o sistema, revisa si los elementos en la lista de verificación están presentes.

##### **4.3.5.4. Salidas**

Los resultados dependen de la etapa del proceso de gestión de riesgos en el que se aplican. Por ejemplo, el resultado puede ser una lista de controles que son inadecuados o una lista de riesgos.

#### **4.3.6. Técnica estructurada “Qué pasa sí” (SWIFT)**

Es un estudio sistemático basado en el trabajo en equipo, se utiliza, para esta técnica, un conjunto de palabras o frases "rápidas" de las cuales se vale el facilitador para estimular a los participantes a identificar los riesgos dentro de un taller. El facilitador y el equipo usan frases tipo "*qué pasaría si*" en combinación con las instrucciones para investigar cómo un sistema, proceso, elemento de planta, organización o procedimiento se verá afectado por las desviaciones de las operaciones y el comportamiento normal.

##### **4.3.6.1. Uso**

Si bien SWIFT fue diseñado originalmente para el estudio de riesgos de plantas químicas y petroquímicas, la técnica ahora se aplica ampliamente a sistemas, elementos de plantas, procedimientos y organizaciones en general. En particular, se utiliza para examinar las consecuencias de los cambios y los riesgos alterados o creados.



#### 4.3.6.2. Entradas

El sistema, proceso, procedimiento, elemento de la planta y/o el cambio, deben definirse cuidadosamente antes de que el estudio comience. Tanto el contexto externo como el interno se establecen mediante entrevistas y el estudio de documentos, planos y dibujos por parte del facilitador; normalmente, el elemento, situación o sistema de estudio se divide en nodos o elementos claves para facilitar el proceso de análisis, pero esto rara vez ocurre en el nivel de definición requerido.

Otra información clave es la experticia y la experiencia del equipo de estudio, cuyos miembros deben seleccionarse cuidadosamente. Todas las partes interesadas deben estar representadas, si es posible, junto con aquellos con experiencia en elementos, sistemas, cambios o situaciones similares.

#### 4.3.6.3. Proceso

El proceso general es el siguiente:

- a) Antes de que comience el estudio, el facilitador prepara una lista rápida y adecuada de palabras o frases que pueden basarse en un conjunto estándar o crearse una que permita una revisión exhaustiva de los peligros o riesgos.
- b) En el taller se discuten y acuerdan los contextos externo e interno del ítem, sistema, cambio o situación y el alcance del estudio.
- c) El facilitador solicita a los participantes que planteen y debatan riesgos y peligros conocidos; experiencia previa e incidentes; controles y salvaguardias conocidos y existentes; requisitos y restricciones reglamentarios.
- d) La discusión se facilita mediante la creación de una pregunta utilizando una frase “¿qué pasaría si?” y una palabra o tema de indicación. Las frases que se pueden usar son, “¿qué pasaría si...?”, “¿qué si ...?”, “¿qué sucedería si ...?”, “¿podría alguien o algo...?”, “¿alguna vez alguien o algo ...?”. La intención es estimular al equipo de estudio en explorar escenarios potenciales, sus causas, consecuencias e impactos.
- e) Se resumen los riesgos y el equipo considera los controles existentes. La descripción del riesgo, sus causas, consecuencias y controles esperados, se confirman con el equipo y se registran.
- f) El equipo considera si los controles son adecuados y efectivos y llegan a un acuerdo sobre una declaración de efectividad de control de riesgos, Si esto no es satisfactorio, el equipo considera además las tareas de tratamiento de riesgos y se definen posibles controles.
- g) Durante este debate, se plantean más preguntas “¿qué pasaría si...?” para identificar otros riesgos.
- h) El facilitador utiliza la lista de sugerencias para monitorear la discusión y sugerir problemas adicionales y escenarios para que el equipo los debata.
- i) Es normal utilizar un método de evaluación de riesgos cualitativo o semicuantitativo para clasificar las acciones creadas en términos de prioridad. Esta evaluación de riesgos normalmente se realiza teniendo en cuenta los controles existentes y su efectividad.

#### 4.3.6.4. Salidas

Los productos incluyen un registro de riesgos con acciones o tareas clasificadas por riesgo, las cuales pueden convertirse en la base de un plan de tratamiento.

#### 4.3.7. Análisis de Escenarios

El análisis de escenarios, creados para desarrollar modelos descriptivos de cómo se podría presentar el futuro, se puede usar para identificar riesgos al considerar posibles desarrollos futuros y explorar

sus implicaciones. Se pueden usar conjuntos de escenarios que reflejen, por ejemplo, “el mejor caso”, “el peor caso” y “el caso esperado” para analizar las posibles consecuencias y sus probabilidades, como una forma de análisis de sensibilidad cuando se analiza el riesgo.

El análisis de escenarios no puede predecir las probabilidades de cambios, pero puede considerar consecuencias y ayudar a las organizaciones a desarrollar fortalezas, además de y la resiliencia necesaria para adaptarse a los cambios previsibles.

El análisis de escenarios se puede utilizar para ayudar a tomar decisiones sobre políticas y planificar estrategias futuras, así como para considerar las actividades existentes; puede jugar un papel relevante en los tres componentes de la evaluación de riesgos.

Para la identificación y el análisis, se pueden usar conjuntos de escenarios que reflejen, por ejemplo, “el mejor de los casos, el peor caso y el “esperado” para identificar lo que podría suceder bajo circunstancias particulares y analizar las posibles consecuencias y sus probabilidades para cada escenario.

El análisis de escenarios se puede usar para anticipar la manera cómo se desarrollarán tanto las amenazas como las oportunidades y se puede usar para todos los tipos de riesgos con marcos de tiempo a corto y a largo plazo. Con marcos de tiempo cortos y buenos datos, escenarios probables pueden extrapolarse del presente; para marcos de tiempo más largos o con datos débiles, el análisis de escenarios se vuelve más imaginativo y se podría decir que se trata de análisis de futuros.

El análisis de escenarios puede ser útil cuando existen fuertes diferencias de distribución entre los resultados positivos y los resultados negativos en el espacio, el tiempo y los grupos en la comunidad o una organización.

#### **4.3.7.1. Entradas**

El requisito previo para el análisis de escenarios es un equipo de personas que entiendan la naturaleza de los cambios relevantes (por ejemplo, posibles avances en la tecnología) y la imaginación para pensar en el futuro sin que necesariamente se extrapole del pasado. El acceso a la literatura y los datos sobre los cambios que ya están ocurriendo también es útil.

#### **4.3.7.2. Proceso**

La estructura para el análisis de escenarios puede ser informal o formal.

Después de haber establecido un equipo, los canales de comunicación relevantes, y definido el contexto del problema o problemas que se considerarán, el siguiente paso es identificar la naturaleza de los cambios que pueden ocurrir. Esto requerirá una investigación sobre las principales tendencias y el momento probable de los cambios en las mismas, así como el pensamiento imaginativo sobre el futuro.

Los cambios que se van a considerar pueden incluir:

- a)** Cambios externos (como por ejemplo los cambios tecnológicos);
- b)** Decisiones que deben tomarse en el futuro cercano pero que pueden tener una variedad de resultados;
- c)** Las necesidades de las partes interesadas y cómo podrían cambiar;
- d)** Cambios en el entorno macro (normativo, demográfico, etc.). Algunos serán inevitables y otros serán inciertos.

A veces, un cambio puede deberse a las consecuencias de otro riesgo. Por ejemplo, el riesgo del cambio climático está provocando cambios en la demanda del consumidor relacionada con las

grandes cantidades de alimentos. Esto influirá en qué alimentos se pueden exportar de forma rentable y qué alimentos se pueden cultivar localmente.

Los factores o tendencias locales y macro, ahora se pueden enumerar y clasificar según (1) su incertidumbre y (2) su importancia. Se presta especial atención a los factores que son más importantes e inciertos; los factores o tendencias claves se mapean entre sí para mostrar las áreas donde se pueden desarrollar escenarios. Para lo anterior, se propone una serie de escenarios que se centran cada uno en un cambio plausible en los parámetros.

Luego se escribe una "historia" para cada escenario que le indica cómo puede moverse desde aquí hacia el escenario objetivo y, puede incluirse detalles precisos que agreguen valor a los escenarios.

De igual manera, los escenarios se pueden usar para probar o evaluar la pregunta original, para ello, la prueba toma en cuenta cualquier factor significativo pero predecible (por ejemplo, patrones de uso) y luego explora qué tan exitosa sería la política (actividad) en este nuevo escenario, y los resultados de las pruebas previas utilizando preguntas como "¿y sí?" en supuestos modelo.

Cuando la pregunta o propuesta ha sido evaluada con respecto a cada escenario, puede ser obvio que necesita ser modificado para hacerlo más robusto o menos arriesgado. También debería ser posible identificar algunos indicadores principales que muestran cuándo se está produciendo un cambio; el monitoreo y la respuesta a los indicadores principales pueden brindar la oportunidad de cambiar las estrategias planificadas.

Como los escenarios solo se definen como "segmentos" de posibles futuros, es importante asegurarse de que se tenga en cuenta la probabilidad de que se produzca un resultado (escenario) particular, es decir, que se adopte un marco de riesgo. Por ejemplo, donde el mejor de los casos, el peor de los casos y los casos esperados, se debería intentar cualificar o expresar la probabilidad de que ocurra cada caso.

#### **4.3.8. Análisis preliminar de peligros (PHA)**

El PHA es un método simple e inductivo de análisis cuyo objetivo es identificar los peligros, las situaciones y eventos peligrosos que pueden causar daños a una actividad, instalación o sistema determinado.

##### **4.3.8.1. Uso**

Es más comúnmente llevado a cabo al principio del desarrollo de un proyecto, cuando hay poca información sobre los detalles de diseño o procedimientos operativos y a menudo, puede ser un precursor de nuevos estudios o proporcionar información para la especificación del diseño de un sistema. También puede ser útil cuando se analizan los sistemas existentes, para priorizar peligros y riesgos mediante un análisis posterior o cuando las circunstancias impiden que se use una técnica más extensa.

##### **4.3.8.2. Entradas**

Las entradas incluyen:

- a) Información sobre el sistema a evaluar;
- b) Detalles del diseño del sistema según su disponibilidad y relevancia.

##### **4.3.8.3. Proceso**

Se formula una lista de riesgos, situaciones y riesgos genéricos peligrosos, al considerar características tales como:

- a) Materiales utilizados o producidos y su reactividad;
- b) Equipo empleado;
- c) Entorno operativo;
- d) Diseño;
- e) Interfaces entre los componentes del sistema, etc.

El análisis cualitativo de las consecuencias de un evento no deseado y sus probabilidades se puede llevar a cabo para identificar riesgos para una evaluación posterior.

El PHA debe actualizarse durante las fases de diseño, construcción y prueba, a fin de detectar nuevos peligros y realizar correcciones, en caso de ser necesario. Los resultados obtenidos se pueden presentar de diferentes maneras, como tablas y árboles.

#### 4.3.8.4. Salidas

Los resultados incluyen:

- a) Una lista de peligros y riesgos;
- b) Recomendaciones en forma de aceptación, controles recomendados, especificaciones de diseño o solicitudes de evaluaciones más detalladas.

#### 4.3.9. HAZOP

HAZOP es el acrónimo del estudio Hazard y Operability, es un examen estructurado y sistemático de un producto, proceso, procedimiento o sistema planificado o existente. Es una técnica para identificar los riesgos para las personas, los equipos, el entorno y/o los objetivos de la organización. También se espera que el equipo de estudio, siempre que sea posible, brinde una solución para tratar el riesgo.

El proceso HAZOP es una técnica cualitativa basada en el uso de palabras guía que cuestionan cómo la intención de diseño o las condiciones de operación podrían no lograrse en cada paso del diseño, proceso, procedimiento o sistema; se utiliza para identificar los riesgos en las personas, los equipos, el entorno y/o los objetivos de la organización y en ocasiones, puede brindar una solución para tratar el riesgo. En general, se lleva a cabo por un equipo multidisciplinario durante una serie de reuniones destinadas para tal fin.

##### 4.3.9.1. Uso

La técnica HAZOP se desarrolló inicialmente para analizar los sistemas de procesos químicos, pero se ha extendido a otros tipos de sistemas y operaciones complejas. Estos incluyen sistemas mecánicos y electrónicos, procedimientos y sistemas de software, e incluso a cambios organizacionales y al diseño y revisión legal de contratos; puede tratar todas las formas de desviación de la intención del diseño debido a deficiencias en el mismo, componentes, procedimientos planificados y acciones humanas.

Es ampliamente utilizado para la revisión de diseño de software. Cuando se aplica al control de instrumentos críticos para la seguridad y a los sistemas informáticos, se lo puede conocer como CHAZOP (Control Hazards y Operability Analysis) o peligros de control y análisis de operabilidad o peligros informáticos y análisis de operabilidad.

Un estudio HAZOP generalmente se lleva a cabo en la etapa de diseño de detalles, cuando hay disponible un diagrama completo del proceso previsto cuando los cambios de diseño aún son factibles. Sin embargo, puede llevarse a cabo en un enfoque por fases con diferentes palabras guía para cada etapa a medida que el diseño se desarrolla en detalle; también se puede llevar a cabo un

estudio de HAZOP durante la operación, pero los cambios requeridos pueden ser costosos en esa etapa.

#### **4.3.9.2. Entradas**

Los aportes esenciales a un estudio HAZOP incluyen información actual sobre el sistema, el proceso o procedimiento a revisar y las especificaciones de intención y rendimiento del diseño.

Las entradas pueden incluir dibujos, hojas de especificaciones, hojas de flujo, control de procesos y diagramas lógicos, planos de disposición, procedimientos de operación y mantenimiento, y procedimientos de respuesta de emergencia. Para HAZOP no relacionado con hardware, las entradas pueden ser cualquier documento que describa funciones y elementos del sistema o procedimientos en estudio. Por ejemplo, las entradas pueden ser diagramas organizativos y descripciones de funciones, un borrador de contrato o incluso un borrador de procedimiento.

#### **4.3.9.3. Proceso**

HAZOP toma el "diseño" y la especificación del proceso, procedimiento o sistema en estudio y revisa cada parte de este para descubrir qué desviaciones del rendimiento previsto pueden ocurrir, cuáles son las causas potenciales y cuáles son las consecuencias probables de una desviación. Lo anterior se logra mediante el examen sistemático de la manera cómo cada parte del sistema, proceso o procedimiento responderá a los cambios en los parámetros claves mediante el uso de palabras de guía adecuadas.

Las palabras de guía se pueden personalizar para un sistema, proceso o procedimiento en particular, o se pueden usar palabras genéricas que abarcan todos los tipos de desviación.

Los pasos normales en un estudio HAZOP incluyen:

- a) Nominación de una persona con la responsabilidad y autoridad necesarias para llevar a cabo el estudio HAZOP y para asegurar que todas las acciones derivadas del estudio se completen;
- b) Definición de los objetivos y alcance del estudio;
- c) Establecer un conjunto de claves o palabras de guía para el estudio;
- d) Definir un equipo de estudio de HAZOP; este equipo suele ser multidisciplinario y debe incluir personal de diseño y operaciones con la experiencia técnica adecuada para evaluar los efectos de las desviaciones del diseño previsto o actual. Se recomienda que el equipo incluya personas que no estén directamente involucradas en el diseño o el sistema, proceso o procedimiento bajo revisión;
- e) Recopilación de la documentación requerida;
- f) Dividir el sistema, proceso o procedimiento en elementos o subsistemas más pequeños o subprocesos o subelementos para hacer tangible la revisión;
- g) Acordar la intención del diseño para cada subsistema, subproceso o subelemento y luego para cada elemento en ese subsistema o elemento aplicando las palabras guía una después de la otra para postular posibles desviaciones que tendrán resultados no deseados;
- h) Donde se identifica un resultado indeseable, acordar la causa y las consecuencias en cada caso y sugerir cómo podrían tratarse para evitar que ocurran o mitigar las consecuencias si lo hacen;
- i) Documentar la discusión y acordar acciones específicas para tratar los riesgos identificados.

#### **4.3.9.4. Salidas**

Registro de las reuniones de HAZOP con elementos para cada punto de revisión registrado. Esto debe incluir la palabra guía utilizada, la (s) desviación (es), las posibles causas, las acciones para

abordar los problemas identificados y la persona responsable de la acción. Para cualquier desviación que no se pueda corregir, se debe evaluar el riesgo de la desviación.

#### **4.3.10. Análisis de árbol de fallas (FTA)**

FTA es una técnica para identificar y analizar factores que pueden contribuir a un evento específico no deseado llamado el "evento máximo". Los factores causales se identifican deductivamente, se organizan de una manera lógica y se representan gráficamente en un diagrama de árbol que representa los factores causales y su relación lógica con el evento superior.

Los factores identificados en el árbol pueden ser eventos que están asociados con fallas de hardware de componentes, errores humanos o cualquier otro evento pertinente que conduzca al evento no deseado.

##### **4.3.10.1. Uso**

Un árbol de fallas se puede usar cualitativamente para identificar causas potenciales y caminos a una falla (el evento máximo) o para calcular cuantitativamente la probabilidad del evento superior, dado el conocimiento de las probabilidades de eventos causales.

Se puede usar en la etapa de diseño de un sistema para identificar las posibles causas de falla y, por lo tanto, seleccionar entre diferentes opciones de diseño. Puede usarse en la fase operativa para identificar cómo pueden ocurrir las fallas mayores y la importancia relativa de las diferentes vías hacia el evento principal. También se puede usar un árbol de fallas para analizar una falla que se ha producido para mostrar en un diagrama cómo se juntaron los diferentes eventos para causar la falla.

##### **4.3.10.2. Entradas**

Para el análisis cualitativo, se requiere una comprensión del sistema y las causas de la falla, así como una comprensión técnica de cómo el sistema puede fallar. Los diagramas detallados son útiles para ayudar en el análisis.

Para el análisis cuantitativo, se requieren datos sobre las tasas de falla o la probabilidad de estar en un estado fallido para todos los eventos básicos en el árbol de fallas.

##### **4.3.10.3. Proceso**

Los pasos para desarrollar un árbol de fallas son los siguientes:

- a) Se define el evento principal a analizar. Esto puede ser un fracaso o tal vez un resultado más amplio de ese fracaso. Cuando se analiza el resultado, el árbol puede contener una sección relacionada con la mitigación de la falla real.
- b) Comenzando con el evento superior, se identifican las posibles causas inmediatas o modos de falla que conducen al evento principal.
- c) Cada uno de estos modos de causas/fallas se analiza para identificar cómo se podría causar su falla.
- d) La identificación paso a paso del funcionamiento indeseable del sistema se sigue para reducir sucesivamente los niveles del sistema hasta que el análisis posterior se vuelva improductivo. En un sistema de hardware, este puede ser el nivel de falla del componente. Los eventos y los factores causales en el nivel más bajo del sistema analizado se conocen como eventos base.

- e) Cuando las probabilidades se pueden asignar a eventos base, se puede calcular la probabilidad del evento principal. Para que la cuantificación sea válida, debe poder demostrarse que, para cada puerta, todas las entradas son necesarias y suficientes para producir el evento de salida. Si este no es el caso, el árbol de fallas no es válido para el análisis de probabilidad, pero puede ser una herramienta útil para mostrar las relaciones causales.

A excepción de los árboles de fallas simples, se necesita un paquete de software para manejar adecuadamente los cálculos cuando hay eventos repetidos en varios lugares en el árbol de fallas, y para calcular los conjuntos mínimos de corte. Las herramientas de software ayudan a garantizar la coherencia, la corrección y la verificabilidad.

#### 4.3.10.4. Salidas

Las salidas del análisis del árbol de fallas son las siguientes:

- a) Una representación gráfica de cómo puede ocurrir el evento principal que muestra vías interactivas donde deben ocurrir dos o más eventos simultáneos;
- b) Una lista de conjuntos mínimos de falla (rutas individuales) con la probabilidad de que ocurra cada uno, cuando los datos estén disponibles;
- c) La probabilidad del evento máximo.

#### 4.3.11. Simulación de Montecarlo

Muchos sistemas son demasiado complejos para modelar los efectos de la incertidumbre utilizando técnicas analíticas, pero pueden evaluarse considerando las entradas como variables aleatorias y ejecutando un número "N" de cálculos (las denominadas simulaciones) muestreando la entrada en orden para obtener "N" posibles resultados del resultado deseado.

Este método puede abordar situaciones complejas que serían muy difíciles de comprender y resolver mediante un método analítico. Los sistemas se pueden desarrollar utilizando hojas de cálculo y otras herramientas convencionales, pero hay herramientas más sofisticadas disponibles para ayudar con requisitos más complejos, dentro de los cuales se pueden mencionar Crystal Ball, @RISK, Risk Simulator, MathWorks, entre otros.

##### 4.3.11.1. Uso

La simulación Monte Carlo proporciona un medio para evaluar el efecto de la incertidumbre en los sistemas en una amplia gama de situaciones. Normalmente se usa para evaluar el rango de posibles resultados y la frecuencia relativa de los valores en ese rango para las medidas cuantitativas de un sistema como el costo, la duración, el rendimiento, la demanda y medidas similares. La simulación de Monte Carlo se puede usar para dos propósitos diferentes:

- a) Propagación de la incertidumbre en modelos analíticos convencionales;
- b) Cálculos probabilísticos cuando las técnicas analíticas no funcionan.

##### 4.3.11.2. Entrada

La entrada a una simulación Monte Carlo es un buen modelo matemático que represente lo más cercano posible el proyecto, presupuesto, proceso, o tema de riesgos bajo estudio, con tipos de entradas, las fuentes de incertidumbre que se deben representar y la salida requerida. Los datos de entrada con incertidumbre se representan como variables aleatorias con distribuciones que están más o menos dispersas de acuerdo con el nivel de incertidumbre.

#### 4.3.11.3. Proceso

El proceso es el siguiente:

- a) Definir un modelo matemático o algoritmo que represente, en lo más posible, el comportamiento del sistema que se estudia.
- b) El modelo se ejecuta varias veces usando números aleatorios para producir salidas del modelo (simulaciones del sistema); donde la aplicación es modelar los efectos de la incertidumbre, el modelo tiene la forma de una ecuación que proporciona la relación entre los parámetros de entrada y una salida. Los valores seleccionados para las entradas se toman de distribuciones de probabilidad apropiadas que representan la naturaleza de la incertidumbre en estos parámetros.
- c) En cualquier caso, una computadora ejecuta el modelo varias veces con diferentes entradas y produce múltiples salidas. Estos pueden procesarse utilizando estadísticas convencionales para proporcionar información, como valores promedio, desviación estándar, intervalos de confianza.

#### 4.3.11.4. Salida

El resultado podría ser un valor único, o podría ser un resultado expresado como la distribución de probabilidad o frecuencia o podría ser la identificación de las funciones principales dentro del modelo que tiene el mayor impacto en la salida.

En general, una simulación de Monte Carlo se usará para evaluar la distribución completa de los resultados que podrían surgir o las medidas claves de una distribución como:

- a) La probabilidad de que surja un resultado definido;
- b) El valor de un resultado en el cual los dueños del problema tienen un cierto nivel de confianza que no será excedido o golpeado, un costo que tiene menos del 10% de probabilidad de exceder o una duración que es 80% segura de ser excedida.

Un análisis de las relaciones entre las entradas y salidas puede ilustrar la importancia relativa de los factores en el trabajo e identificar objetivos útiles para los esfuerzos que permitirán influir en la incertidumbre del resultado.

#### 4.3.12. Matriz de consecuencias y probabilidades

La matriz de consecuencia/probabilidad es un medio para combinar calificaciones cualitativas o semicuantitativas de consecuencia y probabilidad para producir un nivel de riesgo o calificación de riesgo.

El formato de la matriz y las definiciones que se le aplican dependen del contexto en el que se utiliza y es importante que se utilice un diseño apropiado para las circunstancias.

##### 4.3.12.1. Uso

Una matriz de consecuencia/probabilidad se utiliza para clasificar los riesgos, sus fuentes y sus tratamientos en función de su nivel. Se usa comúnmente como una herramienta de detección cuando se identifican muchos riesgos, por ejemplo, para definir cuáles requieren análisis adicionales o más detallados, cuáles riesgos necesitan tratamiento primero o cuáles deben remitirse a un nivel superior de gestión; también se puede usar para seleccionar qué riesgos no se deben considerar más en el momento.



Este tipo de matriz de riesgo también se usa ampliamente para determinar si un riesgo dado, es ampliamente aceptable o no aceptable según la zona donde se encuentra en la matriz. De igual manera, se puede utilizar para ayudar a comunicar una comprensión común de los niveles cualitativos de riesgos en toda la organización.

La forma en que se establecen los niveles de riesgo y las reglas de decisión asignadas, deben estar alineados con el apetito de riesgo de la organización. Asimismo, se utiliza una forma de matriz de consecuencias/probabilidad para el análisis de criticidad o para establecer prioridades después de HAZOP. También se puede usar en situaciones donde no hay datos suficientes para un análisis detallado o la situación no justifica el tiempo y esfuerzo para un análisis más cuantitativo.

#### **4.3.12.2. Entrada**

Las entradas al proceso son escalas personalizadas para consecuencia y probabilidad y, una matriz que combina las dos.

La escala (o escalas) de consecuencia debe cubrir el rango de diferentes tipos de consecuencias a considerar, por ejemplo: pérdida financiera, seguridad, ambiente u otros parámetros, dependiendo del contexto y debe extenderse desde la consecuencia máxima creíble hasta la consecuencia más baja de preocupación. La escala puede tener cualquier cantidad de puntos. Las escalas de 3, 4 o 5 pasos son las más comunes.

La escala de probabilidad también puede tener cualquier cantidad de puntos; las definiciones de probabilidad deben seleccionarse para que sean lo menos ambiguas posible. Si se usan guías numéricas para definir diferentes probabilidades, entonces se deben dar unidades. La escala de probabilidad debe abarcar el rango relevante para el estudio en cuestión, recordando que la probabilidad más baja debe ser aceptable para la consecuencia definida más alta, de lo contrario, todas las actividades con la consecuencia más alta se definen como intolerables.

Se dibuja una matriz con consecuencia en un eje y probabilidad en el otro.

Los niveles de riesgo asignados a las celdas dependerán de las definiciones de las escalas de probabilidad/consecuencia. La matriz puede configurarse para dar un peso adicional a las consecuencias o a la probabilidad, o puede ser simétrica, dependiendo de la aplicación. Los niveles de riesgo pueden estar vinculados a reglas de decisión tales como el nivel de atención de la administración o la escala de tiempo por la cual se necesita respuesta.

Las escalas de calificación y una matriz pueden configurarse con escalas cuantitativas. Por ejemplo, en un contexto de confiabilidad, la escala de probabilidad podría representar tasas de falla indicativas y la escala de consecuencia del costo en dólares de la falla.

El uso de la herramienta necesita personas (idealmente un equipo) con la experiencia relevante y los datos disponibles para ayudar en los juicios de consecuencia y probabilidad.

#### **4.3.12.3. Proceso**

Para clasificar los riesgos, el usuario primero encuentra el descriptor de la consecuencia que mejor se ajusta a la situación y luego define la probabilidad con la que ocurrirán esas consecuencias. El nivel de riesgo luego se lee de la matriz.

Muchos eventos de riesgo pueden tener un rango de resultados con diferentes probabilidades asociadas, por lo general, los problemas menores son más comunes que las catástrofes, razón por la cual, existe la opción de clasificar el resultado más común o el más serio o alguna otra combinación. En muchos casos, es apropiado enfocarse en los resultados creíbles más serios ya

que representan la mayor amenaza y a menudo son de mayor preocupación y en otros, puede ser apropiado clasificar los problemas comunes y las catástrofes improbables como riesgos separados. En todo caso, es importante usar la probabilidad relevante para la consecuencia seleccionada y no la probabilidad del evento como un todo.

El nivel de riesgo definido por la matriz puede estar asociado con una regla de decisión, como tratar o no tratar el riesgo.

#### 4.3.12.4. Salida

El resultado es una calificación para cada riesgo o una lista clasificada de riesgo con niveles de importancia definidos.