

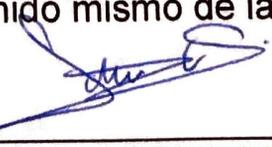
Ciudad Obregón, Sonora, a 2 de Julio de 2019

Instituto Tecnológico de Sonora
P r e s e n t e.

El que suscribe **SERGIO IVAN SOLORIO GUTIÉRREZ**, por medio del presente manifiesto bajo protesta de decir verdad, que soy autor y titular de los derechos de propiedad intelectual tanto morales como patrimoniales, sobre la obra titulada: **“REDUCCIÓN DEL DESFASE DEL COSTO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE REMODELACIÓN DEL ITSON APLICANDO LA INGENIERÍA DE RIESGOS”**, en lo sucesivo “LA OBRA”, misma que constituye el trabajo de tesis que desarrolle para obtener el grado de **Maestro en Ingeniería en Administración de la Construcción** en ésta casa de estudios, y en tal carácter autorizo al Instituto Tecnológico de Sonora, en adelante “EL INSTITUTO”, para que efectúe la divulgación, publicación, comunicación pública, distribución y reproducción, así como la digitalización de la misma, con fines académicos o propios del objeto del Instituto, es decir, sin fines de lucro, por lo que la presente autorización la extiendo de forma gratuita.

Para efectos de lo anterior, EL INSTITUTO deberá reconocer en todo momento mi autoría y otorgarme el crédito correspondiente en todas las actividades mencionadas anteriormente de LA OBRA.

De igual forma, libero de toda responsabilidad a EL INSTITUTO por cualquier demanda o reclamación que se llegase a formular por cualquier persona, física o moral, que se considere con derechos sobre los resultados derivados de la presente autorización, o por cualquier violación a los derechos de autor y propiedad intelectual que cometa el suscrito frente a terceros con motivo de la presente autorización y del contenido mismo de la obra.


SERGIO IVAN SOLORIO GUTIÉRREZ
(Nombre y firma del autor)



**REDUCCIÓN DEL DESFASE DEL COSTO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN
DE PROYECTOS DE REMODELACIÓN DEL ITSON APLICANDO LA
INGENIERIA DE RIESGOS**

Maestría en ingeniería en Administración de la construcción

Sergio Ivan Solorio Gutiérrez

Cd. Obregón Sonora a 20 de junio de 2019

Contenido

CAPITULO I	7
Introducción.....	7
Antecedentes	7
Planteamiento del problema	9
Objetivo.....	10
Hipótesis	10
Justificación	10
Delimitaciones.....	11
CAPITULO II	14
MARCO TEÓRICO.....	14
Marco conceptual.....	15
Sobrecostos y retrasos en ejecución de obras.	15
Ingeniería de riesgos.....	18
Clasificación de los riesgos.....	18
Gestión de los riesgos del proyecto	20
Planificar la gestión de los riesgos.....	24
Identificación de riesgos	30
Realizar Análisis cualitativo de riesgos.....	41
Realizar el análisis cuantitativo de riesgos	48
Planificar la respuesta a los riesgos	56
Controlar los riesgos.....	65
Marco metodológico	72
Metodología de la investigación de los riesgos.....	72
Fuente de datos.....	72
Criterios de aceptación de los riesgos.....	73
Identificación de riesgos.	74
La declaración del riesgo.....	75
Metodología de la administración de los riesgos	76
Identificación de los riesgos.....	77

Las 7 M del proceso productivo	82
Modelo y simulación Montecarlo	84
Diagrama de Pareto	88
Diagramas de Pareto de fenómenos	89
Diagramas de Pareto de causas.....	89
Notas sobre los diagramas de Pareto.....	89
Diagrama de Pareto en Microsoft Excel.....	90
CAPÍTULO III	92
METODOLOGÍA.....	92
Objeto bajo estudio	93
Herramientas	93
Procedimiento	93
Variables	94
CAPÍTULO IV	97
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	97
CAPÍTULO V	108
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
Conclusiones	109
Recomendaciones	110
Marco referencial.....	111

Índice de Figuras

Figura 1. Tabla de actividades de proyectos analizados.....	17
Figura 2. Planificar la gestión de los riesgos: Entradas, herramientas y técnicas y Salidas.	24
Figura 3. Ejemplo de una estructura de desglose de riesgos (RBS)	28
Figura 4. Definición de escalas de impacto para cuatro objetivos del proyecto.	29
Figura 5. Identificación de riesgos: Entradas, Herramientas y técnicas y Salidas....	31
Figura 6. Diagrama de influencias.....	39
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso Análisis cualitativo de riesgos.....	41
Figura 8. Matriz de probabilidad e impacto.....	45

Figura 9. Proceso de realizar Análisis Cuantitativo de riesgos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas.....	49
Figura 10. Rango de estimaciones de costos del proyecto recopiladas durante la entrevista de riesgos.	51
Figura 11. Rango de estimaciones de costos del proyecto recopiladas durante la entrevista de riesgos.	52
Figura 12. Diagrama de flujo del proceso Planificar la respuesta a los riesgos.	56
Figura 13. Diagrama de flujo del proceso Controlar los riesgos.	66
Figura 14. El proceso de administración proactiva de riesgos.	74
Figura 15. La declaración del riesgo.	76
Figura 16. Ejemplo de un diagrama causa – efecto.	80
Figura 17. Ejemplo de un diagrama de proceso.....	81
Figura 18. Ejemplo de histograma resultante.	87
Figura 19. Ejemplo de diagrama de Pareto de Causas.....	91
Figura 20. Gráfica de diagrama de Pareto para el desfase en costo.	105
Figura 21. Gráfica de diagrama de Pareto para el desfase en tiempo.	105

Índice de Tablas

Tabla 1. Elementos para obtención de índice de riesgos en desfases de costo y tiempo	98
Tabla 2. Resumen de ponderación de grados de control de los elementos en el desfase de costo.....	99
Tabla 3. Resumen de ponderación de grados de control de los elementos en el desfase de tiempo.....	100
Tabla 4.. Resultado de la simulación para cálculo de índice de riesgo en desfase en costo. Fuente: López (2013).....	101
Tabla 5. Resultado de la simulación para cálculo de índice de riesgo en desfase en tiempo. Fuente: López (2013)	102
Tabla 6. Priorización de elementos por el % de incidencia en desfase en costo. ...	103
Tabla 7. Priorización de elementos por el % de incidencia en desfase en tiempo..	104
Tabla 8. Propuesta de mejoras y estrategias de reducción de riesgos para el tiempo.	106
Tabla 9. Propuesta de mejoras y estrategias de reducción de riesgos para el costo.	107

DEDICATORIA

A Dios, mi madre, mi viejito y a mis hermanas
quienes aun cuando todo se complica están ahí,
muy especial a mis princesas hermosas Elena e Ivanna quienes
solo con una sonrisa hacen que todo valga la pena,
Todo siempre fue por ustedes, las amo.

CPVMPM

AGRADECIMIENTOS

A todas esas personas especiales que me apoyaron para seguir adelante y no bajar este escalón y celebrar este nuevo triunfo.

Al Instituto Tecnológico de Sonora por otorgarme la oportunidad de superarme.

A mis revisores pero muy en especial al Maestro Dagoberto López quien ha sabido motivarme a ser profesional y que demostró ser un gran amigo.

CAPITULO I

Introducción

Se encuadra el presente tema de investigación, incluyendo la concepción de la idea a investigar, la cual fundamenta los antecedentes que sustentan el problema que será abordado en el presente trabajo, posteriormente se describe el planteamiento del problema incluyendo las preguntas que se presentan en el tema de investigación.

Antecedentes

La carencia de éxito de un proyecto debido a una planeación ineficiente y una ausencia de metodología en la administración de los riesgos, han provocado que todas las miradas se enfoquen a la importancia de administrar dichos riesgos en las etapas o fases de un proyecto de construcción. El riesgo es un tema amplio que debe ser atendido por los administradores profesionales de un proyecto. No puede ser abandonado o dejado en segundo término ya que hacerlo implica el fracaso de

un proyecto. En común, se puede afirmar que el riesgo implica que una acción, actividad o tarea (incluida la inactividad) pueda generar una pérdida o un resultado inesperado e indeseable. (Torres, 2014)

Las empresas constructoras están al tanto del riesgo al que se exponen al realizar un proyecto sin seguir una metodología que pueda disminuir, eliminar o mitigar las probabilidades de tener sobrecostos y retrasos en la ejecución de las obras, no le dan ni la importancia ni el peso adecuado al no implementarla durante la etapa de presupuestación de un proyecto ya que figura como un gasto. Muñiz, (2009), define presupuesto como un instrumento de planificación que permite coordinar e integrar áreas de responsabilidad, y constituye una herramienta de comunicación y de control de la actividad. Su implantación, realización y control deben ser los adecuados, de contrario pierde toda su efectividad como herramienta de gestión y planificación.

El presupuesto es un resultado del proyecto y de un proceso de construcción. No es un proyecto. Modificar un presupuesto en sus componentes proyectuales es modificar los deseos expresados en los planos y sus especificaciones. (Patiño, 2007).

Por lo general los constructores se protegen aplicando un sobreprecio que resulta bajo para cubrir los posibles riesgos, pero también puede ser tan alto que alguna propuesta se convierta en no competitiva. Sin embargo, los sobrecostos y los retrasos en tiempo se pueden tomar en cuenta desde la etapa de planeación, en la cual es completamente adecuado asignar desde entonces un análisis de riesgo para generar niveles de certeza y confianza, de donde se desprende la necesidad de medir las causas que impactan dicho riesgo. Es muy importante entender que el sobrecosto son todos los recursos materiales y monetarios que se utilicen de más, no obteniendo de ellos ningún provecho. (Cuevas, 2002)

En Ciudad Obregón Sonora, el departamento de obras en el Instituto Tecnológico de Sonora es el encargado de llevar a cabo la realización de los proyectos ejecutivos, la licitación de las obras y la ejecución de las mismas, de los proyectos

de infraestructura institucional autorizados por el H. Consejo directivo, de acuerdo al programa acordado con los usuarios de los proyectos, así como también se informa del estado de avance en sus diferentes etapas de desarrollo,* durante la ejecución de las obras se han presentado situaciones desfavorables, a los que se les llama sobrecostos y retrasos que generan impactos y riesgos económicos para el usuario pero también para el contratista, y a su vez variaciones en los alcances del proyecto, lo cual ha ocasionado que el porcentaje anual de proyectos que rebasan del presupuesto y del tiempo se considere elevado en un 70% según registros del departamento.

* <http://www.itson.mx/Universidad/Paginas/doa.aspx>

Es por ello que nace la idea de realizar dicho análisis de riesgos que surge directamente de la observación de los indicadores de avance y sobrecostos del departamento de obras, en el rol de la supervisión en la etapa de presupuestación de la remodelación de los edificios. De estas fuentes indicadoras se suman también la experiencia en el puesto de supervisor y estar familiarizado con el área, así como conocer lo que se ha hecho con respecto a este tema.

La ingeniería de riesgos necesita identificar de manera clara y muy precisa los aspectos y factores que afectarán a un proyecto durante su ciclo de vida para encausar hacia la generación de estrategias que sirvan de cimientos en la ejecución de una obra en los momentos de enfrentar diversas situaciones o escenarios que provoquen riesgos o incertidumbres.

Planteamiento del problema

La construcción de infraestructura en el nivel de educación superior es muy importante para la sociedad, tanto para el desarrollo urbano como en el impacto que puede significar para la región en mano de obra y recursos económicos generados.

En el rol de la supervisión de este tipo de construcciones se ha detectado la oportunidad de involucrarse en la etapa de presupuestación para así identificar los riesgos que puedan presentarse y evitarlos en la manera de lo posible.

La ingeniería de riesgos es el medio para evaluar el impacto de que tienen las variables (causas) en el desfase en costo y tiempo. ¿Cómo se puede controlar el desfase en tiempo y costo de los proyectos de remodelación del Instituto Tecnológico de Sonora?

Objetivo

Elaborar un procedimiento de control que reduzca el desfase de costo y tiempo en los proyectos de remodelación del ITSON aplicando la ingeniería de riesgos, para minimizar las pérdidas económicas del departamento de obras.

Hipótesis

Aplicando la Ingeniería de riesgos es factible reducir significativamente el desfase en costo y tiempo de los proyectos de remodelación del departamento de obras del ITSON.

Justificación

La presente investigación es bastante importante ya que al observar los indicadores del departamento de obra en cuanto a tiempo y costo de la remodelación y ampliación de los edificios, se encontraron algunos desfases de estos dos rubros lo cuales impactan de manera económica y en el cumplimiento de entrega de dichas obras.

Así mismo ésta propuesta de análisis pretende encontrar de manera práctica pero fundamentada las soluciones a los distintos escenarios presentados en el departamento buscando contribuir a una mejora en el manejo de los recursos

encaminados directamente hacia el objetivo planteado en fechas y presupuesto base, con el fin de que los status de los avances físicos y financieros sean realistas.

El beneficiado principal es el departamento de obras del Instituto Tecnológico de Sonora ya que con los resultados sean positivos o negativos otorgarán un panorama amplio de los riesgos presentados en éste estudio pero de manera oportuna para atacarlos en futuras obras, aunado a ello se tomará una mejor decisión para elaborar los presupuestos bases de las licitaciones de una forma eficaz y eficiente que colaboren directamente con el área de análisis de costos trabajando colectivamente con el área de supervisión, sin éste estudio y análisis se continuará con el surgimiento de indicadores negativos que afectan al cumplimiento de las metas del departamento.

Delimitaciones

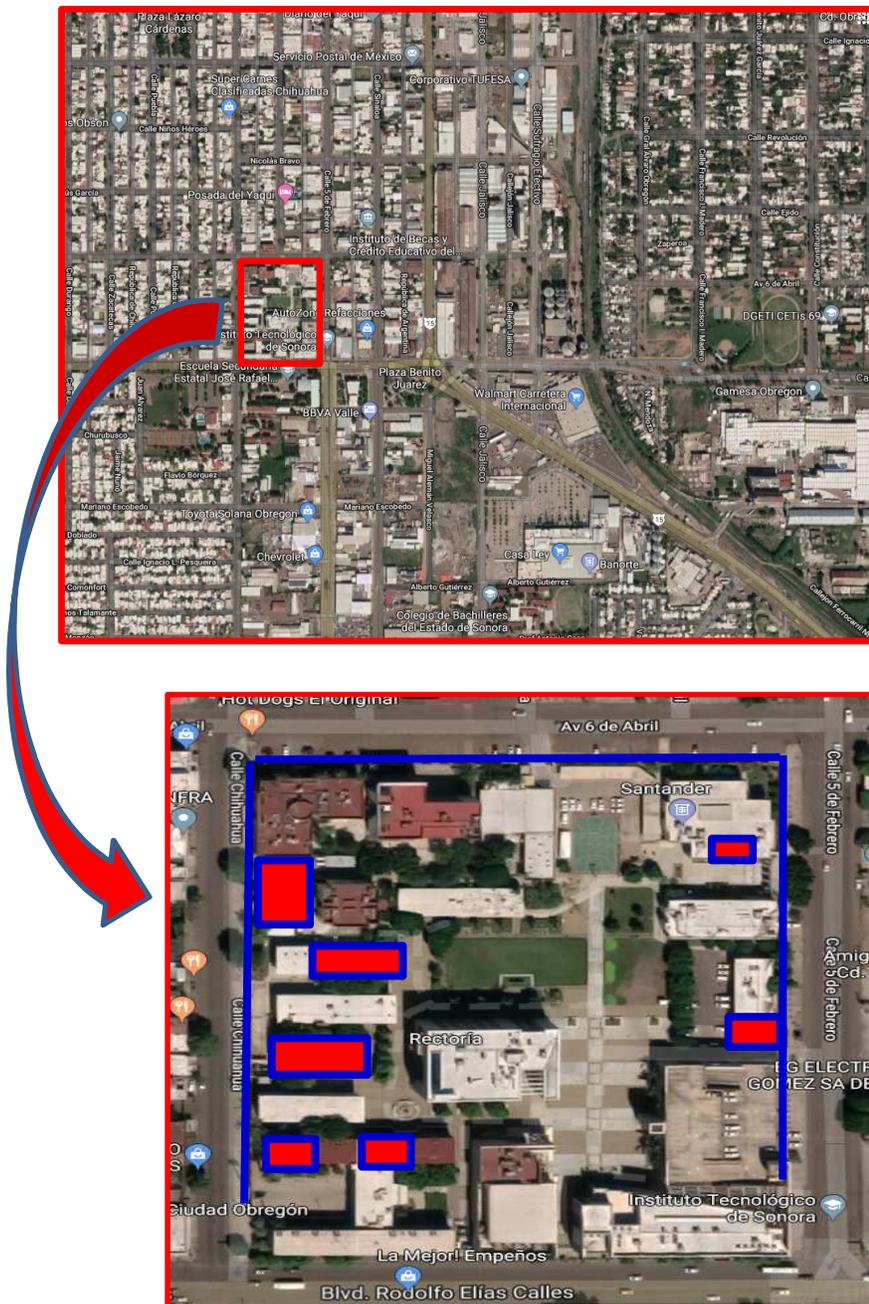
Se delimita la investigación a solo a la remodelación y ampliación de los edificios del Instituto Tecnológico de Sonora supervisados por el departamento de Obras, ya que son los más representativos en cuanto a ejecución de manera considerablemente económica, es decir, abarcan diversos conceptos de obra y en condiciones variables.

El presente estudio se limita solo a la etapa de presupuestación ya que es ahí donde se desea realizar el análisis y la cuantificación del riesgo de sobre costo, basándose en una metodología sistemática en la ingeniería de riesgos para buscar una respuesta a dicho riesgo, esto con el fin de cuantificarlo, medirlo, analizarlo y aplicar o implementar una estrategia de respuesta a los proyectos que aún no se lanzan a licitación y hay una oportunidad de mitigarlos desde su génesis. No se incluyen la evaluación de otras etapas como la construcción, supervisión, el cierre, etc.

La presente investigación se llevó a cabo para las obras del Instituto Tecnológico de Sonora de las unidades Campus Obregón Centro y Campus Navojoa Sur, debido a que se ha intervenido y participado en la supervisión de éstas (*Anexo 3*); y se

eligieron las que se encuentran en el período de los años 2014 al 2016 ya que se realizaron en distintas magnitudes y de diferentes tipos. Geográficamente se encuentran en las siguientes unidades:

Obras Unidad Obregón centro ubicado en 5 de febrero 818 sur. Cd. Obregón Sonora.



Obras Unidad Navojoa Sur ubicado en Calle Ramón Corona y calle Chihuahua, Navojoa, Sonora.



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

Cuando ya se tiene planteado el problema y las preguntas de investigación, el inmediato siguiente paso consiste en sustentar teóricamente el estudio, enseguida se dan los conceptos básicos y metodologías desarrolladas dentro de la ingeniería de riesgos que dan soporte al presente trabajo. Se incluyen dentro de ésta capítulo los tres marcos que respaldan la investigación que son el marco conceptual, marco metodológico y referencial

Marco conceptual

Debido a que la investigación se enfoca fuertemente a la etapa de presupuestación, se abordan los temas que incluyen tanto las causas como los resultados de una incorrecta elaboración del presupuesto, como se pueden mencionar los sobrecostos y retrasos en las obras que se describen a continuación.

Sobrecostos y retrasos en ejecución de obras.

Las instituciones públicas contemplan entre sus directrices desarrollar los proyectos necesarios para mejorar la calidad de vida de la población, sin embargo, se ha detectado a través de documentación brindada por los Ministerios de Vivienda y Ordenamiento Territorial (MIVI) y el Ministerio de Obras Públicas (MOP), que en la ejecución de los proyectos se han presentado sobrecostos en forma reiterada, confirmándose en el punto resultados y propuesta de este artículo. Esto se ha dado desde hace mucho tiempo, afectando el logro de los objetivos en materia de realización de estos proyectos, debido a la falta de una Metodología aplicada a la construcción, la cual guíe la evolución de los proyectos desde su concepción hasta la puesta en marcha y operación de las obras en el sector público. Al investigar el porqué de los atrasos que se generan en los proyectos de construcción relación a los cambios en lo pactado y la generación de adendas, se detectó que la manera actual de ejecución de los proyectos desencadena una serie de inconvenientes al diseñar, al elaborar planos de construcción y en el control de la construcción; esto afecta la ejecución de los proyectos de inversión y deja muy mal el ejercicio de la profesión; tales anomalías, son responsables de los sobrecostos y los sobretiempos en los proyectos de construcción generando una problemática que va haciéndose cada vez más y más complicada, debido a que no existe una metodología estructurada para la ejecución de los proyectos de construcción en el Estado.

Se ha revisado la guía que utiliza el Project Management Institute (PMI) denominada Project Management Body of Knowledge (PMBOK), el cual es un método ordenado

para administrar un proyecto; sin embargo, este no aborda el problema como se plantea en la Metodología para la Ejecución de Proyectos que se propone, que integra el saber de las ciencias de las diferentes disciplinas de la ingeniería, aplicadas al buen ejercicio profesional y por ende, al éxito en la ejecución de los proyectos de construcción.

Por lo anterior, con la finalidad de establecer una ruta para la ejecución de proyectos de construcción públicos, se presenta una Metodología que permite la integración de todos los elementos que participan en la ejecución de un proyecto de construcción en el sector público, obteniéndose un resultado eficiente porque se analizan todas las etapas por actividad dentro de un proyecto, garantizándose un resultado excelente en la ejecución y planificación, lo cual no existe hoy por hoy. Se determinó que era necesario investigar la problemática que se genera al ejecutar los proyectos de construcción, debido entre otras situaciones a las grandes erogaciones que hay que hacer, todo esto por no contar con una metodología, sino una manera de ejecutar los proyectos; por ello, se planteó como punto determinante para el desarrollo de esta investigación, resolver el problema diseñando una metodología que permita saber, dónde y porqué se generan sobrecostos y adendas.

Se presenta el presente cuadro donde se muestran las actividades más comunes que al no llevarse a cabo, son las causas más comunes de problemas al ejecutar un proyecto de construcción

Actividades	Presencia en los proyectos analizados	
	Caso 1 - MIVI	Caso 2 - MOP
Concurso para el diseño del proyecto	No	No
Anteproyecto aprobado por la dirección de obras y construcciones municipales	No	No
Orden de proceder para el desarrollo de los planos ajustada a la planificación del proyecto	No	No
Revisiones periódicas para medir la ejecución de los planos	No	No
Fecha de entrega de los planos según lo planificado	No	No
Los planos entregados fueron aprobados por la dirección de Obras y Construcciones municipales	No	No
La fecha de la orden de proceder para iniciar la construcción se ajusta a lo programado	No	No
Se encuentra un inspector residente en la obra durante toda su construcción	No	No
El plano recibido es concordante en todos sus aspectos con el anteproyecto	No	No
Se expresa en los detalles del plano la geometría requerida para la correcta construcción de un proyecto	No	No
Hubo cambios en los planos y los mismos fueron autorizados por las dirección de obras y construcciones municipales	No	No
Le fecha de inicio de la construcción se ajustó a lo programado.	No	No
Las etapas de construcción se cumplieron en los tiempos programados	No	No
Se cumplió la fecha de entrega según lo planificada	No	No
Se cumplió con el costo programado	No	No

Figura 1. Tabla de actividades de proyectos analizados.

No: Significa que no se realizó esta actividad.

Fuente: Elaborado por la investigadora. 2011 Rodríguez Jaramillo,

Gisela (2011)

De acuerdo al comportamiento detectado en el desarrollo de las obras en estos Ministerios, se puede concluir que estos proyectos presentan en su trayectoria el siguiente comportamiento:

- Incrementos en los costos.
- Alteración del presupuesto estatal.
- Atrasos en la ejecución de las obras.
- Controversias legales.
- Afectación social.

Lo anterior, se debe a que no se cuenta con una metodología estructurada, que contemple una realización técnica eficiente y un control por etapas en el contenido de sus ejecuciones, la falta de metodología ocasiona la creación de adendas y atrasos perjudicando con esto a la sociedad.

Ingeniería de riesgos

Definición de riesgo. El riesgo de un proyecto es un evento o condición incierta que, de producirse, tiene un efecto positivo o negativo en uno o más de los objetivos del proyecto, tales como el alcance, el cronograma, el costo y la calidad. Un riesgo puede tener una o más causas y, de materializarse, uno o más impactos. PMBOOK (2013)

Clasificación de los riesgos

- a) **Con respecto a las personas.** Se pueden considerar dos tipos de riesgo, el individual y el riesgo social.

El riesgo individual es el que afecta a una persona considerada en forma aislada. A su vez el riesgo individual puede ser clasificado como voluntario o involuntario, aunque la línea divisoria no es siempre clara.

Riesgo voluntario es aquél que es posible aceptar o rechazar, como por ejemplo: fumar, viajar en moto, etc.; e involuntario en cambio es aquél que no es posible de evitar; por ejemplo: caídas accidentales, enfermedades. Desde el punto de vista laboral, se presupone que el trabajador está aceptando un riesgo inherente a su actividad, en cambio, no se supone lo mismo para el resto de la comunidad.

El riesgo social está relacionado con el número de individuos afectados por una clase de eventos, enfermedad, etc.

El riesgo social es el detrimento que sufre la sociedad como consecuencia de una enfermedad, tipo de accidente, etc. Expresado en número de distintos tipos de consecuencia.

$$D = E(x)N_T$$

b) Con respecto a las consecuencias. Las distintas consecuencias pueden ser:

- i. Muerte
- ii. Lesiones
- iii. Días de trabajo perdidos
- iv. Daños materiales a bienes
- v. Reducción de la esperanza de vida

c) Con respecto al origen. Se puede distinguir entre riesgos naturales y riesgos inducidos por el hombre.

Según Diekmann (1988), otra clasificación de los riesgos de acuerdo al conocimiento de sus consecuencias y la probabilidad de su ocurrencia es la siguiente:

- ✓ **Riesgos conocidos:** son aquellas circunstancias donde su probabilidad de ocurrencia es común y razonablemente entendida. La variabilidad en precio

de los materiales causado por las condiciones del mercado y la baja productividad son ejemplos claros de este tipo de riesgos.

- ✓ **Riesgos conocidos-desconocidos:** son aquellos que tiene severas consecuencias en caso de que ocurran, pero su probabilidad de ocurrencia es baja, por ello no se descartan. El alto aumento de precio en materiales causados por problemas políticos.
- ✓ **Riesgos desconocidos-desconocidos:** son aquellos sobre los que no se tiene ni siquiera idea de su ocurrencia y su probabilidad de ocurrencia es casi nula por lo que es imposible su consideración. Un terremoto en una zona de bajo grado sísmico es un ejemplo de este tipo de riesgo.

Gestión de los riesgos del proyecto

En este apartado se pretende encaminar hacia el cumplimiento de los objetivos aumentando la probabilidad y el impacto de los sucesos positivos y disminuir los mismos de los sucesos negativos, con ello, la gestión de los riesgos del proyecto incluye los procesos para llevar a cabo la planificación, identificación, análisis, planificación de respuesta y control de los riesgos de un proyecto. Se describen generalmente los procesos de la gestión de los riesgos del proyecto:

Planificar la gestión de los riesgos: Es el proceso por el cual se define cómo realizar las actividades de gestión de los riesgos para un proyecto.

Identificar los riesgos: Es el proceso por el cual se determinan los riesgos que pueden afectar el proyecto y se documentan sus características.

Realizar el análisis cualitativo de riesgos: Es el proceso que consiste en priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones

posteriores, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia y el impacto de dichos riesgos.

Realizar el análisis cuantitativo de riesgos: Es el proceso que consiste en analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto.

Planificar la respuesta a los riesgos: Es el proceso por el cual se desarrollan opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.

Controlar los riesgos: Es el proceso por el cual se implementan planes de respuesta a los riesgos, se rastrean los riesgos identificados, se monitorean los riesgos residuales, se identifican nuevos riesgos y se evalúa la efectividad del proceso contra riesgos a través del proyecto.

Estos procesos interactúan entre sí y con procesos de otras áreas de conocimiento. Por el hecho de que cada proceso se ejecuta por lo menos una vez en cada proyecto y en alguna fase del proyecto.

Los riesgos de un proyecto se ubican siempre en el futuro. Un riesgo es un evento o condición incierta que, si sucede, tiene un efecto en por lo menos uno de los objetivos del proyecto. Los objetivos pueden incluir el alcance, el cronograma, el costo y la calidad. Un riesgo puede tener una o más causas y, si sucede, uno o más impactos. Una causa puede ser un requisito, un supuesto, una restricción o una condición que crea la posibilidad de consecuencias tanto negativas como positivas. López (2013).

Los riesgos del proyecto tienen su origen en la incertidumbre que está presente en todos los proyectos.

Los riesgos conocidos son aquellos que han sido identificados y analizados, lo que hace posible planificar respuestas para tales riesgos. A los riesgos conocidos que no se pueden gestionar de manera proactiva se les debe asignar una reserva para contingencias. Los riesgos desconocidos no se pueden gestionar de manera proactiva y por lo tanto se les puede asignar una reserva de gestión. Un riesgo negativo del proyecto que se ha materializado se considera un problema.

Los riesgos individuales del proyecto son diferentes del riesgo global del proyecto. El riesgo global del proyecto representa el efecto de la incertidumbre sobre el proyecto en su conjunto. Es más que la suma de los riesgos individuales del proyecto, ya que incluye todas las fuentes de incertidumbre del proyecto. Representa la exposición de los interesados a las implicaciones de las variaciones en los resultados del proyecto, tanto positivas como negativas.

Las organizaciones perciben el riesgo como el efecto de la incertidumbre sobre los objetivos del proyecto y de la organización. Las organizaciones y los interesados están dispuestos a aceptar diferentes niveles de riesgo, en función de su actitud frente al riesgo. Las actitudes frente al riesgo de la organización y de los interesados pueden verse afectadas por una serie de factores, los cuales se clasifican a grandes rasgos en tres categorías:

- ✓ *Apetito de riesgo*: que es el grado de incertidumbre que una entidad está dispuesta a aceptar, con miras a una recompensa.
- ✓ *Tolerancia al riesgo*: que es el grado, cantidad o volumen de riesgo que podrá resistir una organización o individuo.
- ✓ *Umbral de riesgo*: que se refiere a la medida del nivel de incertidumbre o el nivel de impacto en el que un interesado pueda tener particular interés. Por debajo de ese umbral de riesgo, la organización aceptará el riesgo.

Por ejemplo, la actitud frente al riesgo de una organización puede incluir su apetito por la incertidumbre, su umbral para los niveles de riesgo que son inaceptables o su tolerancia al riesgo, a partir de lo cual la organización puede seleccionar una respuesta al riesgo diferente.

Los riesgos positivos y negativos se conocen normalmente como oportunidades y amenazas. El proyecto puede aceptarse si los riesgos se encuentran dentro de las tolerancias y están en equilibrio con el beneficio que puede obtenerse al asumirlos. Los riesgos positivos que ofrecen oportunidades dentro de los límites de la tolerancia al riesgo se pueden emprender a fin de generar un mayor valor. Por ejemplo, adoptar una técnica de optimización de recursos agresiva constituye un riesgo que se asume a la espera de un beneficio como consecuencia de utilizar menos recursos.

Las personas y los grupos adoptan actitudes frente al riesgo que influyen en la forma en que responden a ellos. Estas actitudes frente al riesgo son motivadas por la percepción, las tolerancias y otras predisposiciones, que deben hacerse explícitas siempre que sea posible. Para cada proyecto debe desarrollarse un enfoque coherente en materia de riesgos, y la comunicación sobre el riesgo y su gestión debe ser abierta y honesta. Las respuestas a los riesgos reflejan el equilibrio que percibe una organización entre asumir y evitar los riesgos.

Para tener éxito, una organización debe comprometerse a abordar la gestión de riesgos de manera proactiva y consistente a lo largo del proyecto. Se debería realizar una elección consciente a todos los niveles de la organización para identificar activamente y procurar una gestión de riesgos eficaz durante la vida del proyecto. El riesgo del proyecto puede existir desde el mismo momento en que se inicia el proyecto. El avanzar en un proyecto sin un enfoque proactivo de la gestión de riesgos es probable que dé lugar a un mayor número de problemas, como consecuencia de las amenazas no gestionadas.

Planificar la gestión de los riesgos

El beneficio clave de éste proceso es que asegura que el nivel, el tipo y la visibilidad de la gestión de riesgos son acordes tanto con los riesgos como con la importancia del proyecto para la organización. Planificar la gestión de los riesgos es el proceso de definir como realizar las actividades del proyecto. El plan de gestión de los riesgos es vital para comunicarse y obtener el acuerdo y el apoyo de todos los interesados a fin de asegurar que el proceso de gestión de riesgos sea respaldado y llevado a cabo de manera eficaz a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

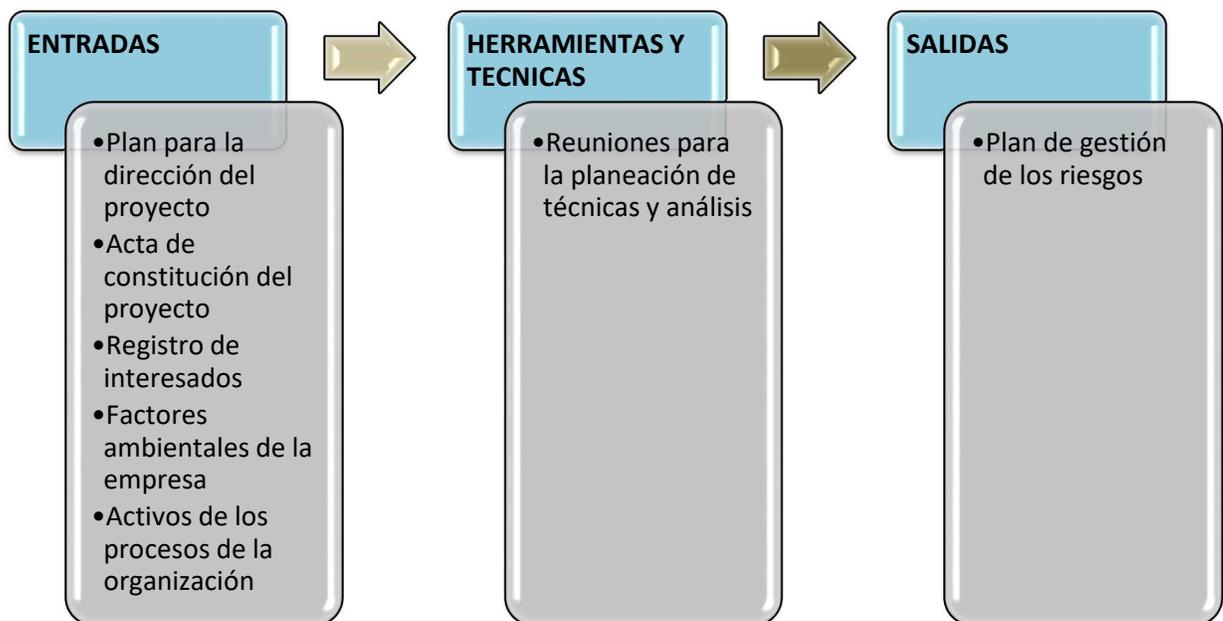


Figura 2. Planificar la gestión de los riesgos: Entradas, herramientas y técnicas y Salidas.

Planificar la gestión de los riesgos: Entradas.

- a) ***Plan para la dirección del proyecto:*** Se toman en cuenta aquellos planes secundarios de gestión y las líneas base aprobadas como lo son el alcance, el cronograma y el costo, de manera que el plan de gestión de los riesgos resulte consistente con ellos.

- b) **Plan de costos del proyecto:** Como se utilizarán los recursos y presupuestos para cubrir los riesgos, contingencias y reservas.
- c) **Registro de interesados:** Contiene todos los detalles relacionados con los involucrados e interesados del proyecto, así como, la visión de los roles de cada uno.
- d) **Factores ambientales de la empresa:** Los factores ambientales de la empresa que pueden influir en el proceso. Planificar la Gestión de los Riesgos incluyen, entre otros, las actitudes frente al riesgo, los umbrales y las tolerancias, que describen el nivel de riesgo que una organización soportará.
- e) **Activos de los procesos de la organización:** Algunos de éstos procesos que influyen en la planificación de la gestión de riesgos son:
- Las categorías de riesgo
 - Las definiciones comunes de conceptos y términos
 - Los formatos de declaración de riesgos
 - Las plantillas estándar
 - Los roles y las responsabilidades
 - Los niveles de autoridad para la toma de decisiones
 - Las lecciones aprendidas
 - Los registros de los interesados.

Planificar la gestión de los riesgos: Herramientas y Técnicas

- a) **Reuniones para la planeación de técnicas y análisis:** Los equipos del proyecto celebran reuniones de planificación para desarrollar el plan de gestión de los riesgos. Los participantes de estas reuniones pueden ser, entre otros, el director del proyecto, miembros del equipo del proyecto e interesados seleccionados,

cualquier persona de la organización con la responsabilidad de gestionar la planificación y ejecución de actividades relacionadas con los riesgos, así como otras personas, según sea necesario. En estas reuniones se definen los planes de alto nivel para llevar a cabo las actividades de gestión de riesgos. Se deben desarrollar los elementos de costo de la gestión de riesgos y las actividades del cronograma para incluirlos en el presupuesto y en el cronograma del proyecto, respectivamente. Se establecerán o se revisarán las metodologías para la aplicación de las reservas para contingencias en materia de riesgos. Se deben asignar responsabilidades de gestión de riesgos. Se adaptarán para su uso en el proyecto específico las plantillas generales de la organización para las categorías de riesgo y las definiciones de términos, tales como niveles de riesgo, probabilidad por tipo de riesgo, impacto por tipo de objetivo y matriz de probabilidad e impacto. Si no existen plantillas para otros pasos del proceso, pueden generarse en estas reuniones. Las salidas de estas actividades se resumen en el plan de gestión de los riesgos.

Planificar la gestión de los riesgos: Salidas

a) **Plan de gestión de los riesgos:** Es un componente del plan para la dirección del proyecto y describe el modo en que se estructurarán y se llevarán a cabo las actividades de gestión de riesgos e incluye lo siguiente:

- ✓ **Metodología.** Define los métodos, las herramientas y las fuentes de datos que pueden utilizarse para llevar a cabo la gestión de riesgos en el proyecto.

- ✓ **Roles y responsabilidades.** Define al líder, el apoyo y a los miembros del equipo de gestión de riesgos para cada tipo de actividad del plan de gestión de riesgos, y explica sus responsabilidades.
- ✓ **Presupuesto.** Asigna recursos, estima los fondos necesarios para la gestión de riesgos, a fin de incluirlos en la línea base del desempeño de costos y establece los protocolos para la aplicación de la reserva para contingencias.
- ✓ **Calendario.** Define cuándo y con qué frecuencia se realizará el proceso de gestión de riesgos a lo largo del ciclo de vida del proyecto, establece los protocolos para la utilización de las reservas para contingencias del cronograma y prevé las actividades de gestión de riesgos que deben incluirse en el cronograma del proyecto.
- ✓ **Categorías de riesgo.** Proporciona una estructura que asegura un proceso completo de identificación sistemática de los riesgos con un nivel de detalle coherente, y contribuye a la efectividad y calidad del proceso Identificar los Riesgos. Una organización puede utilizar una matriz de categorización elaborada previamente, la cual puede consistir en una simple lista de categorías o en una Estructura de Desglose del Riesgo (RBS). La RBS es una descripción jerárquica de los riesgos del proyecto, identificados y organizados por categoría y sub-categoría de riesgo, que identifica las distintas áreas y causas de posibles riesgos. López (2013)



Figura 3. Ejemplo de una estructura de desglose de riesgos (RBS)

- ✓ **Definiciones de la probabilidad e impacto de los riesgos.** La calidad y credibilidad del proceso Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos requieren que se definan distintos niveles de probabilidad e impacto de los riesgos. Las definiciones generales de los niveles de probabilidad e impacto se adaptan a cada proyecto individual durante el proceso Planificar la Gestión de Riesgos para usarse en el proceso subsiguiente.

CONDICIONES DEFINIDAS PARA LAS ESCALAS DE IMPACTO DE UN RIESGO SOBRE LOS PRINCIPALES OBJETIVOS DEL PROYECTO (Solo son ejemplos para impactos negativos)					
Objetivo del proyecto	Se presentan escalas relativas o numéricas				
	Muy bajo / 0.05	Bajo / 0.10	Moderado / 0.20	Alto / 0.40	Muy alto / 0.80
Costo	Aumento del costo insignificante	< 10% de aumento en costo	del 10 – 20% de aumento en costo	del 20 – 40% de aumento en costo	> 40% de aumento en costo
Tiempo	Aumento insignificante del tiempo	< 5% de aumento en tiempo	Del 5 – 10% de aumento en tiempo	Del 10 – 20% de aumento en tiempo	> 20% de aumento en tiempo
Alcance	Disminución del alcance apenas perceptible	Áreas pequeñas del alcance se afectan	Áreas grandes del alcance se afectan	Reducción del alcance inaceptable para el patrocinador	El elemento final del proyecto es efectivamente inservible
Calidad	Disminución de la calidad apenas perceptible	Solo se afectan las aplicaciones muy exigentes	La reducción de la calidad requiere la aprobación del patrocinador	Reducción de la calidad es inaceptable para el patrocinador	El elemento final del proyecto es efectivamente inservible

Esta tabla presenta ejemplos de definiciones de impactos de riesgo para cuatro diferentes objetivos del proyecto. Estos deberán ser adoptados en el proceso de planeación de la gestión de riesgos para cada proyecto individual y para los umbrales de riesgo de la organización. Las definiciones de impacto pueden ser desarrolladas para **oportunidades** en una forma similar.

Figura 4. Definición de escalas de impacto para cuatro objetivos del proyecto.

Es de gran utilidad analizar subjetivamente la anterior tabla para la definición de los impactos en tan importantes rubros que afectan directa e indirectamente al alcance el proyecto y por lo tanto a los objetivos del mismo, las probabilidades de que no se cumpla el término del elemento final son casi nulas si no se establece una matriz que muestre los riesgos identificados.

- ✓ **Matriz de probabilidad e impacto:** Se pueden clasificar los riesgos por orden de prioridad de acuerdo con sus implicaciones potenciales de tener un efecto sobre los objetivos del proyecto. El método típico para priorizar los riesgos consiste en utilizar una tabla de búsqueda o una Matriz de Probabilidad e Impacto. La organización establece normalmente las combinaciones específicas de probabilidad e impacto que llevan a calificar un riesgo de

importancia “alta”, “moderada” o “baja”, junto a la importancia que le corresponda para la debida planificación de la respuesta a los riesgos.

- ✓ **Revisión de tolerancia de los interesados:** Las tolerancias de los interesados, se aplican a un proyecto específico, y pueden revisarse en el proceso de Planificar la Gestión de Riesgos.
- ✓ **Formatos de los informes:** Estos definen como se documentarán, analizarán y comunicarán los resultados de los procesos de gestión de riesgos. Describe el contenido y el formato del registro de riesgos, así como de cualquier otro informe de riesgos requerido. Por lo que se deben de realizar de manera escrita o digital.
- ✓ **Seguimiento:** Define como se registrarán las actividades de gestión de riesgos para el beneficio del proyecto y como se auditarán dichos procesos.

Identificación de riesgos

La identificación de los riesgos se define como el proceso por el cual se determinan los riesgos que puedan afectar el proyecto y se documentan sus características. El beneficio principal es documentar todos y cada uno de los riesgos existentes, así como el conocimiento y la capacidad que ofrece al equipo del proyecto para anticiparse a los eventos. De los involucrados que participan en la identificación de riesgos están: el director del proyecto, los subordinados del director, si hay equipo de gestión de riesgos se le incluye, los usuarios del producto final o clientes, expertos en el tema, otros directores, interesados, invitados y todo aquel que se vea involucrado de alguna manera.

No solo se puede conformar con los riesgos que se identifican en este proceso a primera instancia sino también los que se descubran o evolucionen en el avance del proyecto, es decir, con el nacimiento de estos nuevos riesgos se puede agregar que la identificación de riesgos se puede convertir en un proceso iterativo, y que requiere cierta atención en cada nacimiento.

La frecuencia de iteración y la participación en cada ciclo varía de una situación a otra. El formato de las declaraciones de riesgos debe ser consistente para asegurar que cada riesgo se comprenda claramente y sin ambigüedades a fin de poder llevar a cabo un análisis y un desarrollo de respuestas eficaces. La declaración de riesgos debe reforzar la capacidad de comparar el efecto relativo de un riesgo con respecto a otros riesgos del proyecto. El proceso debe involucrar al equipo del proyecto de modo que pueda desarrollar y mantener un sentido de propiedad y responsabilidad por los riesgos y las acciones de respuesta asociadas. Los interesados externos al equipo del proyecto pueden proporcionar información objetiva adicional.

PMBOOK (2013)

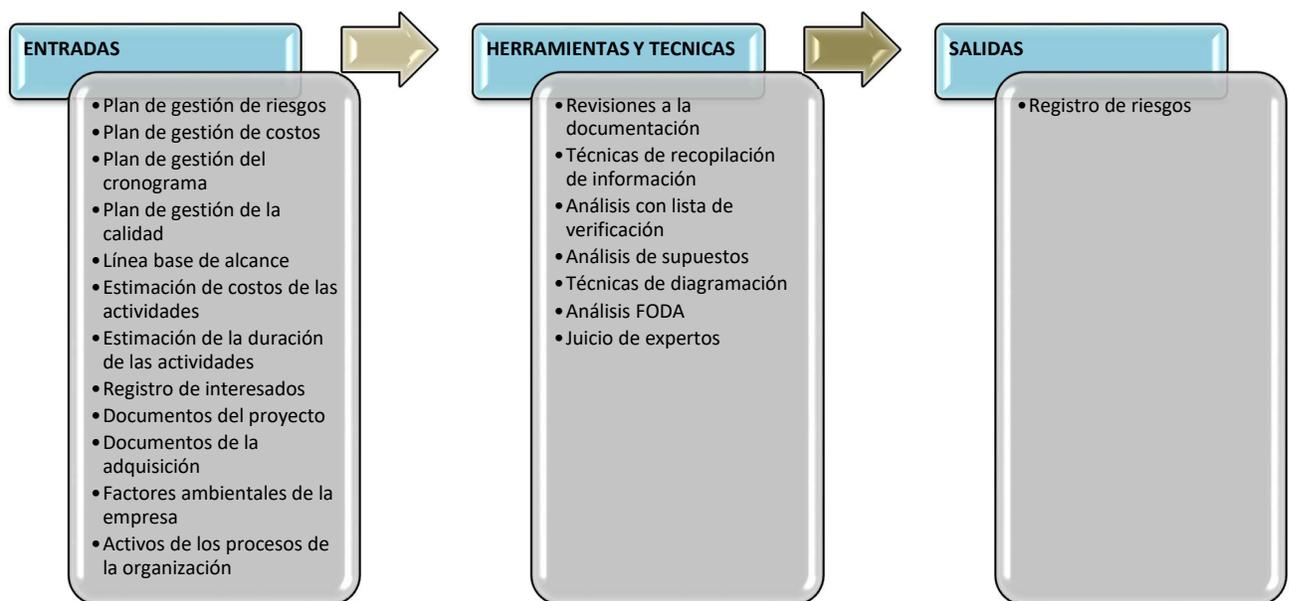


Figura 5. Identificación de riesgos: Entradas, Herramientas y técnicas y Salidas.

Identificar los riesgos: Entradas

- a) **Plan de gestión de riesgos:** Las asignaciones de roles y responsabilidades funcionan como los elementos clave del plan de gestión de riesgos que apoyan y contribuyen al proceso de identificación de riesgos, la provisión para las actividades de gestión de riesgos en el presupuesto y en el cronograma, y las categorías de riesgo, que a veces se expresan como una estructura de desglose del riesgo.
- b) **Plan de gestión de costos:** El plan de gestión de costos proporciona procesos y controles que se pueden utilizar para ayudar a identificar los riesgos en el transcurso del proyecto. Dicho plan establece lo siguiente:
- ✓ **Unidades de medida.** Se definen, para cada uno de los recursos, las unidades que se utilizarán en las mediciones (tales como las horas, los días o las semanas de trabajo del personal para medidas de tiempo, o metros, litros, toneladas, kilómetros o yardas cúbicas para medidas de cantidades, o pago único en formato de moneda).
 - ✓ **Nivel de precisión.** Consiste en el grado de redondeo, hacia arriba o hacia abajo, que se aplicará a las estimaciones del costo de las actividades, en función del alcance de las actividades y de la magnitud del proyecto.
 - ✓ **Nivel de exactitud.** Se especifica el rango aceptable que se utilizará para hacer estimaciones realistas sobre el costo de las actividades, que puede contemplar un determinado monto para contingencias.
 - ✓ **Enlaces con los procedimientos de la organización.** La estructura de desglose del trabajo (EDT/WBS) establece el marco general para el plan de gestión de los costos y

permite que haya coherencia con las estimaciones, los presupuestos y el control de los costos. El componente de la EDT/WBS que se utiliza para la contabilidad de los costos del proyecto se denomina cuenta de control. A cada cuenta de control se le asigna un código único o un número o números de cuenta vinculados directamente con el sistema de contabilidad de la organización ejecutora.

- ✓ **Umbrales de control.** Para monitorear el desempeño del costo, pueden definirse umbrales de variación, que establecen un valor acordado para la variación permitida antes de que sea necesario realizar una acción. Los umbrales se expresan habitualmente como un porcentaje de desviación con respecto a la línea base del plan.
- ✓ **Reglas para la medición del desempeño.** Se establecen reglas para medir el desempeño mediante la gestión del valor ganado
- ✓ **Formatos de los informes.** Es aquí donde se definen los formatos y la frecuencia de presentación de los informes de los costos.
- ✓ **Descripción de los procesos.** Es necesario y prudente documentar las descripciones de cada uno de los procesos de gestión de costos.

c) Plan de gestión del cronograma: Se requiere de un buen entendimiento del plan de gestión del cronograma que forme parte del plan de para la correcta dirección del proyecto que por su naturaleza puede generar riesgos o moderarlos.

d) Plan de gestión de la calidad: Éste proporciona una línea de medidas de calidad que aplican a la identificación de riesgos.

- e) Línea base de alcance:** Se deben evaluar las líneas de incertidumbre a nivel de los supuestos del proyecto, es decir, todos aquellos que se encuentren en el enunciado del alcance ya que son causas potenciales de riesgo. La WBS es una entrada crítica para la identificación de riesgos ya que facilita la comprensión de los riesgos potenciales tanto a nivel micro o macro. Los riesgos pueden identificarse y luego rastrearse a nivel de resumen, de cuenta de control y/o paquete de trabajo.
- f) Estimación de costos de las actividades:** Las revisiones de la estimación de los costos de las actividades son útiles para identificar los riesgos, ya que proporcionan una evaluación cuantitativa del costo probable para completar las actividades del cronograma, e idealmente se expresan como un rango cuya amplitud indica el grado o los grados de riesgo. La revisión puede dar como resultado una serie de proyecciones que indiquen si la estimación es suficiente para completar la actividad o es insuficiente (en cuyo caso podría representar un riesgo para el proyecto).
- g) Estimación de la duración de las actividades:** Las revisiones de la estimación de la duración de las actividades son útiles para identificar los riesgos relacionados con los tiempos asignados para la realización de las actividades o del proyecto en su conjunto; la amplitud de rango de dichas estimaciones también indica en este caso el grado o los grados relativos de riesgo.
- h) Registro de interesados:** La información acerca de los interesados será útil para solicitar entradas para la identificación de riesgos, ya que esto asegurará que los interesados clave,

especialmente el cliente, sean entrevistados o participen de otra manera durante el proceso Identificar los Riesgos.

i) Documentos del proyecto: Los documentos del proyecto proporcionan al equipo del proyecto información sobre decisiones que ayudan a identificar mejor los riesgos del proyecto. Los documentos del proyecto mejoran las comunicaciones entre equipos y con los interesados e incluyen, entre otros:

- ✓ El registro de supuestos
- ✓ Los informes de desempeño laboral
- ✓ Los informes de valor ganado
- ✓ Los diagramas de red
- ✓ Las líneas base
- ✓ Cualquier otra información que sea valiosa para identificar los riesgos.

j) Documentos de la adquisición: Ésta entrada se utiliza solo cuando el proyecto requiere la adquisición externa de recursos y se vuelven una entrada clave para el proceso de identificación de los riesgos.

k) Factores ambientales de la empresa: Los factores ambientales de la empresa que pueden influir en el proceso Identificar los Riesgos incluyen, entre otros:

- ✓ La información publicada, incluidas las bases de datos comerciales
- ✓ Las investigaciones académicas
- ✓ Las listas de control publicadas
- ✓ Los estudios comparativos
- ✓ Los estudios industriales
- ✓ Las actitudes frente al riesgo

l) *Activos de los procesos de la organización:* Los activos de los procesos de la organización que pueden influir en el proceso de identificación de los riesgos incluyen:

- ✓ Los archivos del proyecto, incluidos datos reales
- ✓ Los controles de los procesos de la organización y del proyecto
- ✓ Las plantillas de declaración de riesgos
- ✓ Las lecciones aprendidas

Identificación de los riesgos: Herramientas y técnicas.

a) *Revisiones a la Documentación:* Puede efectuarse una revisión estructurada de la documentación del proyecto, incluidos los planes, los supuestos, los archivos de proyectos anteriores, los acuerdos y otra información. La calidad de los planes, así como la consistencia entre dichos planes y los requisitos y supuestos del proyecto, pueden ser indicadores de riesgo en el proyecto.

b) *Técnicas de Recopilación de Información:* Entre los ejemplos de técnicas de recopilación de información utilizadas en la identificación de riesgos se cuentan:

- ✓ ***Tormenta de ideas.*** Tiene por objetivo obtener una lista completa de los riesgos del proyecto y se efectúa por un grupo multidisciplinario de expertos que no forman parte del equipo. El líder es funge como facilitador, y se generan ideas acerca de los riesgos del proyecto, ya sea por medio de una sesión tradicional y abierta, o en una sesión estructurada donde se utilizan técnicas de entrevista masiva. Como marco de referencia pueden utilizarse categorías de riesgo, como en una estructura de desglose

de riesgos. Posteriormente se identifican y categorizan los riesgos según su tipo, y se detallan sus definiciones.

- ✓ **Técnica Delphi.** La técnica Delphi es una manera de lograr un consenso de expertos. Los expertos en riesgos del proyecto participan en esta técnica de forma anónima. Un facilitador utiliza un cuestionario para solicitar ideas acerca de los riesgos importantes del proyecto. Las respuestas son resumidas y luego enviadas nuevamente a los expertos para que realicen comentarios adicionales. En pocas rondas, mediante este proceso se puede lograr el consenso. La técnica Delphi ayuda a reducir parcialidades en los datos y evita que cualquier persona ejerza influencias inapropiadas en el resultado.
- ✓ **Entrevistas.** La realización de entrevistas a los participantes experimentados del proyecto, a los interesados y a los expertos en la materia puede ayudar a identificar los riesgos.
- ✓ **Análisis causal.** El análisis causal es una técnica específica para identificar un problema, determinar las causas subyacentes que lo ocasionan y desarrollar acciones preventivas.
- ✓ **Análisis con lista de verificación:** También se pueden elaborar listas de control y pueden desarrollarse basado en información histórica y el conocimiento acumulado a partir de proyectos similares anteriores y otras fuentes de información. También puede utilizarse como lista de control de riesgos el nivel más bajo de la estructura de desglose de riesgos. Si bien una lista de control puede ser rápida y

sencilla, es imposible elaborar una lista exhaustiva. El equipo debe asegurarse de explorar elementos que no aparecen en la lista de control. La lista de control debe revisarse durante el cierre del proyecto para incorporar nuevas lecciones aprendidas y mejorarla para su utilización en proyectos futuros.

c) *Análisis de supuestos:* Cada uno de los proyectos y cada riesgo identificado en ellos se desarrollan en base a una hipótesis o un grupo de hipótesis, escenarios y supuestos. Los análisis de supuestos exploran la validez de los mismos según se apliquen al proyecto, o sea, identifican los riesgos debidos al carácter inexacto, inestable, incoherente o incompleto de los supuestos.

d) *Técnicas de diagramación:* Éstas técnicas pueden incluir:

- ✓ ***Diagramas de causa y efecto.*** Se conocen como diagramas de Ishikawa o diagramas de espina de pescado y son útiles para la identificación de las causas de los riesgos.
- ✓ ***Diagramas de flujo de procesos o sistemas.*** Muestran cómo se relacionan entre sí los diferentes elementos de un sistema y el mecanismo de causalidad.
- ✓ ***Diagramas de influencias.*** Son representaciones gráficas de situaciones que muestra las influencias causales, la cronología de eventos y sucesos, así como otras relaciones entre las variables y los resultados.



Figura 6. Diagrama de influencias.

e) **Análisis FODA:** Ésta técnica examina el proyecto desde cada uno de los aspectos FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) para aumentar el espectro de riesgos identificados, incluidos los riesgos generados internamente. La técnica comienza con la identificación de las fortalezas y debilidades de la organización, centrándose ya sea en el proyecto, en la organización o en el negocio en general. El análisis FODA identifica luego cualquier oportunidad para el proyecto con origen en las fortalezas de la organización y cualquier amenaza con origen en las debilidades de la organización. El análisis también examina el grado en el que las fortalezas de la organización contrarrestan las amenazas, e identifica las oportunidades que pueden servir para superar las debilidades.

f) **Juicio de expertos:** Los expertos con la experiencia adecuada, adquirida en proyectos o áreas de negocio similares, pueden identificar los riesgos directamente. El director del proyecto debe identificar a dichos expertos e invitarlos a considerar todos los aspectos del proyecto, y a sugerir los posibles riesgos basándose en sus experiencias previas y en sus áreas de especialización. En

este proceso se deben tener en cuenta la tranquilidad del apoyo de los expertos.

Identificación de los riesgos: Salidas

- a) ***Registro riesgos:*** La salida principal del proceso Identificar los Riesgos es la entrada inicial al registro de riesgos. El registro de riesgos es un documento en el cual se registran los resultados del análisis de riesgos y de la planificación de la respuesta a los riesgos. Contiene los resultados de los demás procesos de gestión de riesgos a medida que se llevan a cabo, lo que da lugar a un incremento en el nivel y tipo de información contenida en el registro de riesgos conforme transcurre el tiempo. La preparación del registro de riesgos comienza en el proceso Identificar los Riesgos con la información que se detalla a continuación, y posteriormente queda a disposición de otros procesos de la dirección de proyectos y de gestión de los riesgos:

- ✓ ***Lista de riesgos identificados.*** Éstos se describen mediante enunciados de riesgo, como por ejemplo: Se puede producir un EVENTO que causaría un IMPACTO, o Si existe CAUSA, puede dar lugar a este EVENTO que produciría tal EFECTO. Además de la lista de riesgos identificados, las causas raíz de esos riesgos pueden aparecer de manera más evidente. Se trata de condiciones o eventos fundamentales que pueden dar lugar a uno o más riesgos identificados. Se deben registrar y utilizar para favorecer la identificación futura de riesgos, tanto para el proyecto en cuestión como para otros proyectos.
- ✓ ***Lista de respuestas potenciales.*** Estas respuestas si se identifican durante el proceso, se deben utilizar como

entradas para dicho proceso Planificar la Respuesta a los riesgos (proceso subsiguiente).

Realizar Análisis cualitativo de riesgos

Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos es el proceso de priorizar riesgos para análisis o acción posterior, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos. El beneficio clave de este proceso es que permite a los directores de proyecto reducir el nivel de incertidumbre y concentrarse en los riesgos de alta prioridad. Enseguida se muestra las entradas, herramientas y técnicas, y salidas de este proceso.

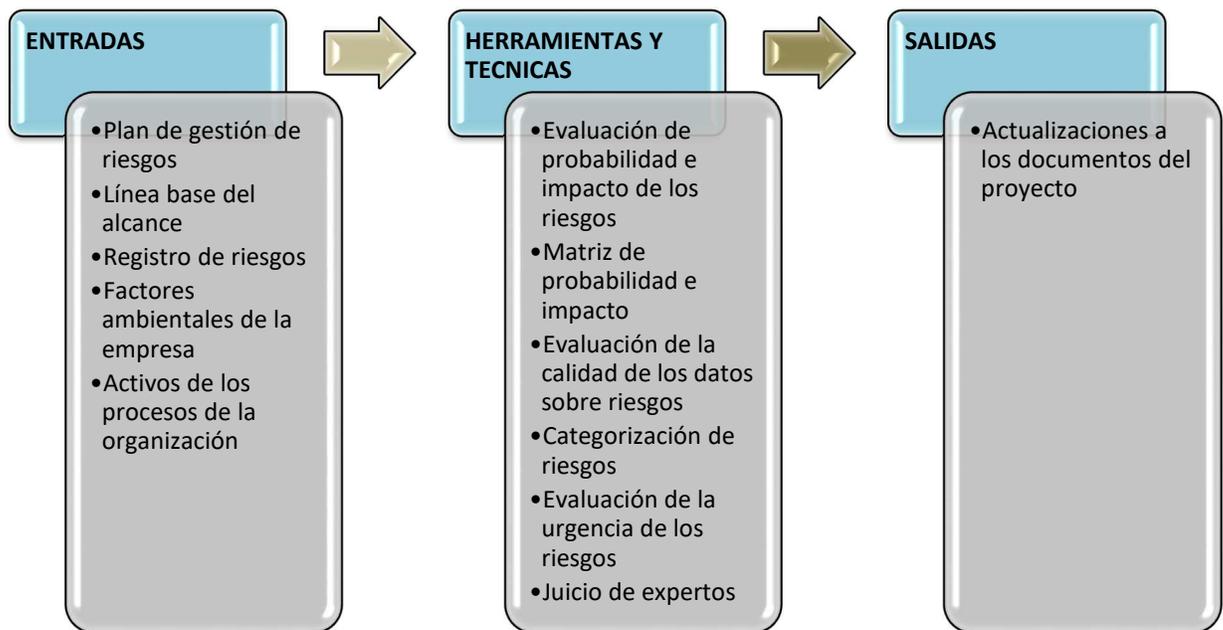


Figura 7. Diagrama de flujo del proceso Análisis cualitativo de riesgos.

Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos evalúa la prioridad de los riesgos identificados a través de la probabilidad relativa de ocurrencia, del impacto correspondiente sobre los objetivos del proyecto si los riesgos llegaran a presentarse, así como de otros factores, tales como el plazo de respuesta y la tolerancia al riesgo por parte de la organización, asociados con las restricciones del

proyecto en términos de costo, cronograma, alcance y calidad. Dichas evaluaciones reflejan la actitud frente a los riesgos, tanto del equipo del proyecto como de otros interesados. Por lo tanto, una evaluación eficaz requiere la identificación explícita y la gestión de los enfoques frente al riesgo por parte de los participantes clave en el marco del proceso Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos. Cuando estos enfoques frente al riesgo introducen sesgos en la evaluación de los riesgos identificados, debe prestarse atención en la identificación de dichos sesgos y en su corrección.

La definición de niveles de probabilidad e impacto puede reducir la influencia de sesgos. La criticidad temporal de las acciones relacionadas con los riesgos puede magnificar la importancia de un riesgo. Una evaluación de la calidad de la información disponible sobre los riesgos del proyecto también ayuda a clarificar la evaluación de la importancia del riesgo para el proyecto.

Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos es por lo general un medio rápido y económico de establecer prioridades para Planificar la Respuesta a los Riesgos y sienta las bases para Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos, si fuera necesario. El proceso Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos se lleva a cabo de manera regular a lo largo del ciclo de vida del proyecto, tal como se define en el plan de gestión de los riesgos del proyecto. Este proceso puede conducir al proceso Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos o directamente al proceso Planificar la Respuesta a los Riesgos.

Realizar el análisis cualitativo de riesgos: Entradas

- a) ***Plan de gestión de los riesgos:*** Los elementos clave del plan de gestión de los riesgos que se utilizan en el proceso Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos incluyen los roles y responsabilidades para llevar a cabo la gestión de riesgos, los presupuestos, las actividades del cronograma relativas a la gestión de riesgos, así como las categorías de riesgo, las definiciones de probabilidad e impacto, la matriz de probabilidad e impacto y las

tolerancias al riesgo de los interesados revisadas. Estas entradas normalmente se adaptan al proyecto durante el proceso Planificar la Gestión de los Riesgos. Si no están disponibles, pueden desarrollarse durante el proceso Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos.

- b) **Línea base de alcance:** Los proyectos de tipo común o recurrente tienden a que sus riesgos sean mejor comprendidos. Los proyectos que utilizan tecnología de punta o primera en su clase, así como los proyectos altamente complejos, tienden a tener más incertidumbre. Esto se puede evaluar mediante el análisis de la línea base del alcance.
- c) **Registro de riesgos:** Éste registro contiene información que se utilizará posteriormente para evaluar y priorizar los riesgos.
- d) **Factores ambientales de la empresa:** Pueden proporcionar conocimiento y contexto para la evaluación de riesgos, tales como:
 - ✓ Estudios de la industria sobre proyectos similares realizados por especialistas en riesgos, y
 - ✓ Bases de datos de riesgos que pueden obtenerse de fuentes industriales o propietarias.
- e) **Activos de los procesos de la organización:** Éstos puede influir en éste proceso ya que incluyen la información procedente de proyectos similares completados anteriormente.

Realizar el análisis cualitativo de riesgos: Herramientas y Técnicas.

- a) **Evaluación de probabilidad e impacto de los riesgos:** La evaluación de la probabilidad de los riesgos estudia la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo específico. La evaluación del impacto

de los riesgos estudia el efecto potencial de los mismos sobre un objetivo del proyecto, tal como el cronograma, el costo, la calidad o el desempeño, incluidos tanto los efectos negativos en el caso de las amenazas, como los positivos, en el caso de las oportunidades. Para cada uno de los riesgos identificados, se evalúan la probabilidad y el impacto. Los riesgos se pueden evaluar a través de entrevistas o reuniones con participantes seleccionados por estar familiarizados con las categorías de riesgo incluidas en la agenda. Entre ellos se incluyen los miembros del equipo del proyecto y expertos que no pertenecen al proyecto.

En las entrevistas o reuniones, se evalúan el nivel de probabilidad de cada riesgo y su impacto sobre cada objetivo del proyecto. También se registran los detalles explicativos, incluidos los supuestos que justifican los niveles asignados. Las probabilidades e impactos de los riesgos se califican de acuerdo con las definiciones proporcionadas en el plan de gestión de los riesgos. Los riesgos con una baja calificación en cuanto a probabilidad e impacto se incluirán en el registro de riesgos como parte de una lista de observación para su futuro monitoreo.

- b) **Matriz de probabilidad e impacto:** Los riesgos se pueden priorizar con vistas a un análisis cuantitativo posterior y a la planificación de respuestas basadas en su calificación. Las calificaciones se asignan a los riesgos en base a la probabilidad y al impacto previamente evaluados. Por lo general, la evaluación de la importancia de cada riesgo y de su prioridad de atención se efectúa utilizando una tabla de búsqueda o una matriz de probabilidad e impacto. Dicha matriz especifica las combinaciones de probabilidad e impacto que llevan a calificar los riesgos con una prioridad baja, moderada o alta. Dependiendo de las preferencias

de la organización, se pueden utilizar términos descriptivos o valores numéricos.

Cada riesgo se califica de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia y con el impacto sobre un objetivo, en caso de que se materialice. La organización debe determinar qué combinaciones de probabilidad e impacto dan lugar a una clasificación de riesgo alto, riesgo moderado y riesgo bajo. En una matriz en blanco y negro, estas condiciones se representan mediante diferentes tonalidades de gris. En la siguiente figura, en particular, el área gris oscuro (con las cifras más altas) representa un riesgo alto, el área gris intermedio (con las cifras más bajas) representa un riesgo bajo y el área gris claro (con las cifras intermedias) representa el riesgo moderado. Por lo general, la organización define estas reglas de calificación de los riesgos antes del inicio del proyecto y se incluyen entre los activos de los procesos de la organización. Las reglas de calificación de los riesgos pueden adaptarse al proyecto específico durante el proceso Planificar la Gestión de los Riesgos.

MATRIZ DE PROBABILIDAD E IMPACTO										
Probabilidad	Amenazas					Oportunidades				
0.90	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72	0.72	0.36	0.18	0.09	0.05
0.70	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56	0.56	0.28	0.14	0.07	0.04
0.50	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40	0.40	0.20	0.10	0.05	0.03
0.30	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24	0.24	0.12	0.06	0.03	0.02
0.10	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01
	0.05/ Muy bajo	0.10/ bajo	0.20/ mode rado	0.40/ alto	0.80/ Muy alto	0.80/ Muy alto	0.40/ alto	0.20/ mode rado	0.10/ bajo	0.05/ Muy bajo
Impacto (escala numérica) sobre un objetivo (por ejemplo, costo, tiempo, alcance o calidad) Cada riesgo es calificado de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia y el impacto sobre un objetivo en caso de que ocurra. Los umbrales de la organización para riesgos bajos, moderados o altos se muestran en la matriz y determinan si el riesgo es calificado como alto, moderado o bajo para ese objetivo.										

Figura 8. Matriz de probabilidad e impacto.

Una organización puede calificar un riesgo de manera individual para cada objetivo (por ejemplo, costo, tiempo y alcance). Además, puede desarrollar

formas de determinar una calificación general para cada riesgo. Finalmente, las oportunidades y las amenazas se manejan en la misma matriz, utilizando las definiciones de los diversos niveles de impacto adecuados para cada una de ellas.

El calificar los riesgos ayuda a definir las respuestas a los mismos. Por ejemplo, los riesgos que tienen un impacto negativo sobre los objetivos, conocidos como amenazas cuando se materializan, y que se encuentran en la zona de riesgo alto (gris oscuro) de la matriz, pueden requerir prioridad en la acción y estrategias de respuesta agresivas. Las amenazas que se encuentran en la zona de riesgo bajo (gris intermedio) pueden no requerir una acción de gestión proactiva, más allá de ser incluidas en el registro de riesgos como parte de la lista de observación o de ser agregadas a una reserva para contingencias. Lo mismo ocurre para las oportunidades, debe darse prioridad a las oportunidades que se encuentran en la zona de riesgo alto (gris oscuro), ya que se pueden obtener más fácilmente y proporcionar mayores beneficios. Las oportunidades en la zona de riesgo bajo (gris intermedio) deben monitorearse.

- c) ***Evaluación de la calidad de los datos sobre riesgos:*** La evaluación de la calidad de los datos sobre riesgos es una técnica para evaluar el grado de utilidad de los datos sobre riesgos para llevar a cabo la gestión de los mismos. Implica examinar el grado de entendimiento del riesgo y la exactitud, calidad, fiabilidad e integridad de los datos relacionados con el riesgo.

El uso de datos de riesgos de baja calidad puede llevar a un análisis cualitativo de riesgos que tenga escasa utilidad para el proyecto. Si la calidad de los datos es inaceptable, puede ser necesario recopilar datos mejores. A menudo la recopilación de información sobre riesgos es difícil y consume más tiempo y recursos que los originalmente planificados.

- d) **Categorización de riesgos:** Los riesgos del proyecto se pueden categorizar por fuentes de riesgo, por área del proyecto afectada o por otras categorías útiles (por ejemplo, la fase del proyecto) con el fin de determinar qué áreas del proyecto están más expuestas a los efectos de la incertidumbre. Los riesgos también se pueden categorizar por causas de raíces comunes. Esta técnica ayuda a determinar los paquetes de trabajo, las actividades, las fases del proyecto o incluso los roles del proyecto que pueden conducir al desarrollo de respuestas eficaces frente al riesgo.
- e) **Evaluación de la Urgencia de los Riesgos:** Los riesgos que requieren respuestas a corto plazo pueden ser considerados de atención más urgente. Entre los indicadores de prioridad se pueden incluir la probabilidad de detectar el riesgo, el tiempo para dar una respuesta a los riesgos, los síntomas y las señales de advertencia, y la calificación del riesgo. En algunos análisis cualitativos, la evaluación de la urgencia de un riesgo se combina con la calificación del riesgo obtenida a través de la matriz de probabilidad e impacto para obtener una calificación final de la severidad del riesgo.
- f) **Juicio de Expertos:** Es necesario para evaluar la probabilidad y el impacto de cada riesgo, para determinar su ubicación dentro de la matriz. Por lo general, los expertos son aquellas personas que ya han tenido experiencia en proyectos similares recientes. La obtención del juicio de expertos se consigue a menudo mediante talleres de facilitación o entrevistas.
- Una amplia recomendación es siempre respaldarse en los hombros de los expertos.

Realizar el análisis cualitativo de riesgos: Salidas

a) Actualizaciones a los documentos del proyecto:

- ✓ **Actualizaciones al registro de riesgos.** A medida que se dispone de nueva información a través de la evaluación cualitativa de riesgos, se va actualizando el registro de riesgos. Las actualizaciones al registro de riesgos pueden incluir evaluaciones de probabilidad e impacto para cada riesgo, clasificación y calificación de riesgos, información de la urgencia o categorización de los riesgos, así como una lista de observación para los riesgos de baja probabilidad o que requieren análisis adicional.

- ✓ **Actualizaciones al registro de supuestos.** A medida que se dispone de nueva información a través de la evaluación cualitativa de riesgos, los supuestos pueden cambiar. Es preciso revisar el registro de supuestos para dar cabida a esta nueva información. Los supuestos se pueden incorporar en el enunciado del alcance del proyecto o en un registro de supuestos independiente.

Realizar el análisis cuantitativo de riesgos

Es el proceso de analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que genera información cuantitativa sobre los riesgos para apoyar la toma de decisiones a fin de reducir la incertidumbre del proyecto. Enseguida se muestra la figura del proceso.

El proceso Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos se aplica a los riesgos priorizados mediante el proceso Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos por tener un posible impacto significativo sobre las demandas concurrentes

del proyecto. El proceso Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos analiza el efecto de dichos riesgos sobre los objetivos del proyecto. Se utiliza fundamentalmente para evaluar el efecto acumulativo de todos los riesgos que afectan el proyecto. Cuando los riesgos guían el análisis cuantitativo, el proceso se puede utilizar para asignar a esos riesgos una prioridad numérica individual. (PMBOOK, 2013).

Es correcto realizar el análisis cuantitativo después del cualitativo por lo general, sin embargo, en algunos casos no aplica el cuantitativo debido a escasez de datos suficientes para que se puedan desarrollar modelos adecuados. El director debe utilizar el juicio de expertos para determinar la necesidad y la visibilidad del análisis cuantitativo. Éste proceso debe integrarse de manera repetitiva según las necesidades, pero esto forma parte del control de riesgos, para evaluar si disminuyó el riesgo global del proyecto. Las tendencias pueden indicar la necesidad de una mayor o menor atención a las actividades adecuadas en materia de gestión de riesgos.

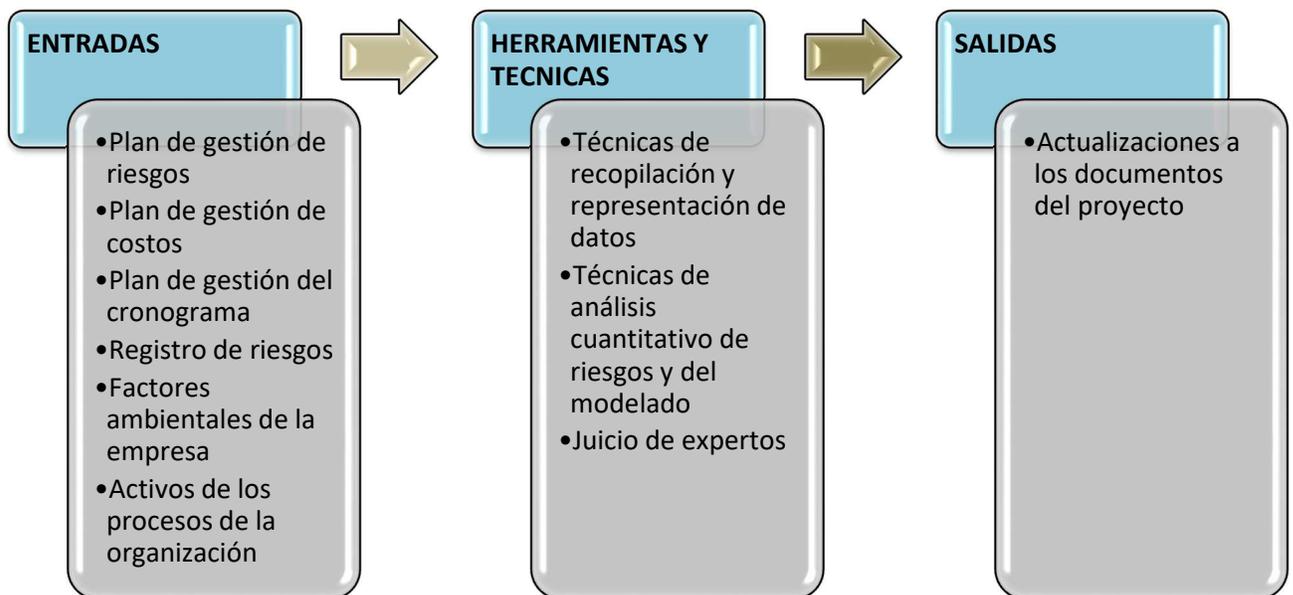


Figura 9. Proceso de realizar Análisis Cuantitativo de riesgos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas.

Realizar el análisis cuantitativo de riesgos: Entradas

- a) **Plan de gestión de los riesgos:** El plan de gestión de los riesgos proporciona guías, métodos y herramientas para su utilización en el análisis cuantitativo de riesgos.
- b) **Plan de gestión de costos:** El plan de gestión de los costos proporciona guías para el establecimiento y la gestión de las reservas de riesgos.
- c) **Plan de gestión del cronograma:** El plan de gestión del cronograma proporciona guías para el establecimiento y la gestión de las reservas de riesgos.
- d) **Registro de riesgos:** se utiliza como punto de referencia para llevar a cabo el análisis cuantitativo de riesgos.
- e) **Factores ambientales de la empresa:** pueden proporcionar conocimiento y contexto para el análisis de riesgos, como son:
 - ✓ Estudios de la industria sobre proyectos similares realizados por especialistas en riesgos, y
 - ✓ Bases de datos de riesgos que pueden obtenerse de fuentes industriales o propietarias.
- f) **Activos de los procesos de la organización:** Pueden influir en el proceso Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos incluyen la información de proyectos anteriores similares completados.

Realizar el análisis cuantitativo de riesgos: Herramientas y Técnicas

- a) **Técnicas de Recopilación y representación de datos:**

- ✓ **Entrevistas.** Las técnicas de entrevistas se basan en la experiencia y en datos históricos para cuantificar la probabilidad y el impacto de los riesgos sobre los objetivos del proyecto. La información necesaria depende del tipo de distribuciones de probabilidad que se vayan a utilizar. Por ejemplo, para algunas distribuciones comúnmente usadas, la información se podría recopilar agrupándola en escenarios optimistas (bajo), pesimistas (alto) y más probables. En la figura siguiente se muestran ejemplos de estimaciones por tres valores. Existe información adicional sobre las estimaciones por tres valores en el proceso de Estimación de la Duración de las Actividades y en el proceso Estimación de los Costos. La documentación de la lógica de los rangos de riesgo y de los supuestos subyacentes son componentes importantes de la entrevista sobre riesgos, ya que pueden proporcionar conocimiento sobre la fiabilidad y la credibilidad del análisis.

Elemento de la WBS	Baja	Mas probable	Alta
Diseñar	US\$ 4M	US\$ 6M	US\$ 10M
Construir	US\$ 16M	US\$ 20M	US\$ 35M
Probar	US\$ 11M	US\$ 15M	US\$ 23M
Proyecto total	US\$ 31M	US\$ 41M	US\$ 68M

Entrevistar a los interesados relevantes ayuda a determinar las estimaciones por tres valores para cada elemento de la EDT/WBS para distribuciones triangulares, beta o de otro tipo.

En este ejemplo, la probabilidad de completar el proyecto al valor de la estimación más probable de 41 millones de US\$ o por debajo del mismo es relativamente baja, según se muestra en los resultados de la simulación de la figura (Resultados de Simulación de los Riesgos de Costos).

Figura 10. Rango de estimaciones de costos del proyecto recopiladas durante la entrevista de riesgos.

- ✓ **Distribuciones de probabilidad.** Las distribuciones continuas de probabilidad, utilizadas ampliamente en el modelado y simulación, representan la incertidumbre en valores tales como las duraciones de las actividades del cronograma y los costos de los componentes

del proyecto. Las distribuciones discretas pueden emplearse para representar eventos inciertos, como el resultado de una prueba o un posible escenario en un árbol de decisiones.

En el gráfico siguiente del PMBOOK (2013) se muestra dos ejemplos de distribuciones continuas ampliamente utilizadas. Estas distribuciones describen formas que son compatibles con los datos que se generan habitualmente durante el análisis cuantitativo de riesgos.

Las distribuciones uniformes se pueden emplear cuando no hay un valor obvio que sea más probable que cualquier otro entre los límites superior e inferior especificados, como ocurre en la etapa inicial de concepción de un diseño.

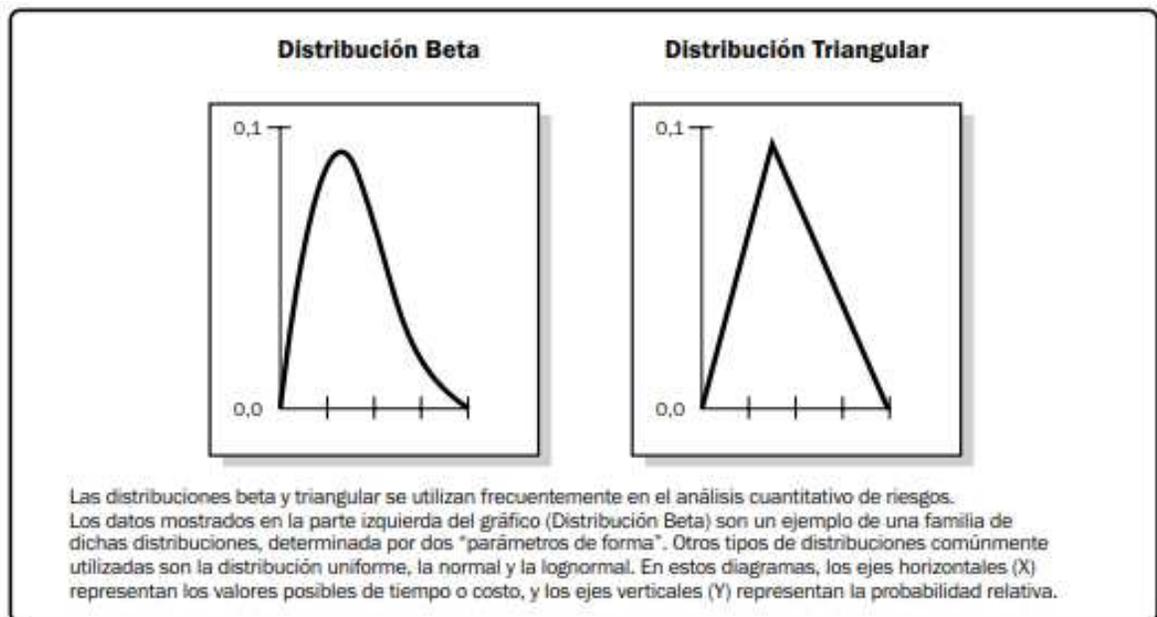


Figura 11. Rango de estimaciones de costos del proyecto recopiladas durante la entrevista de riesgos.

Fuente: PMBOOK (2013)

b) Técnicas de Análisis cuantitativo de riesgos y de modelado: Las técnicas utilizadas recurren tanto a los análisis orientados a eventos como a los orientados a proyectos:

- ✓ **Análisis de sensibilidad.** El análisis de sensibilidad ayuda a determinar qué riesgos tienen un mayor impacto potencial en el proyecto. Este método evalúa el grado en que la incertidumbre de cada elemento del proyecto afecta el objetivo que está siendo examinado, cuando todos los demás elementos inciertos se mantienen en sus valores de línea base. Una representación típica del análisis de sensibilidad es el diagrama con forma de tornado, que es útil para comparar la importancia y el impacto relativos de las variables que tienen un alto grado de incertidumbre con respecto a las que son más estables.

- ✓ **Análisis del valor monetario esperado.** El análisis del valor monetario esperado (EMV) es un concepto estadístico que calcula el resultado promedio cuando el futuro incluye escenarios que pueden ocurrir o no (es decir, análisis bajo incertidumbre). El valor monetario esperado de las oportunidades se expresará por lo general con valores positivos, mientras que el de los riesgos será negativo. El valor monetario esperado requiere una suposición de neutralidad del riesgo, que no se trate ni de una aversión al riesgo ni de una atracción por éste. El valor monetario esperado para un proyecto se calcula multiplicando el valor de cada posible resultado por su probabilidad de ocurrencia, y sumando luego los resultados. Este tipo de análisis se utiliza comúnmente en el análisis mediante árbol de decisiones.

- ✓ **Modelo y simulación.** Una simulación de proyecto utiliza un modelo que traduce las incertidumbres detalladas especificadas del proyecto en su impacto potencial sobre los objetivos del mismo. Las simulaciones iterativas se realizan habitualmente utilizando la técnica Montecarlo. En una simulación, el modelo del proyecto se calcula muchas veces (mediante iteraciones) utilizando valores de entrada (por ejemplo, estimaciones de costos o duraciones de las

actividades) seleccionados al azar para cada iteración a partir de las distribuciones de probabilidad para estas variables. A partir de las iteraciones, se calcula una distribución de probabilidad (por ejemplo, el costo total o la fecha de conclusión). Para un análisis de riesgos de costos, una simulación emplea estimaciones de costos. Para un análisis de los riesgos relativos al cronograma, se emplean el diagrama de red del cronograma y las estimaciones de la duración. En la salida de una simulación de riesgos relativos a los costos se ilustra la probabilidad respectiva de alcanzar una meta específica en materia de costos. Pueden desarrollarse curvas similares para los resultados del cronograma.

- c) **Juicio de expertos:** El juicio de expertos (que idealmente recurre a expertos con experiencia relevante y reciente) se requiere para identificar los impactos potenciales sobre el costo y el cronograma, para evaluar la probabilidad y definir las entradas tales como las distribuciones de probabilidad a las herramientas. El juicio de expertos también interviene en la interpretación de los datos. Los expertos deben ser capaces de identificar las debilidades de las herramientas, así como sus fortalezas. Los expertos pueden determinar cuándo una determinada herramienta puede o no ser la más adecuada, teniendo en cuenta las capacidades y la cultura de la organización.

Realizar el análisis cuantitativo de riesgos: Salidas

a) Actualizaciones a los documentos del proyecto

- ✓ **Análisis probabilístico del proyecto.** Se realizan estimaciones de los resultados potenciales del cronograma y costos del proyecto, enumerando las fechas de conclusión y los costos posibles con sus niveles de confianza asociados. Esta salida, a

menudo expresada como una distribución de frecuencia acumulativa, se utiliza con las tolerancias al riesgo de los interesados para permitir la cuantificación de las reservas para contingencias de costo y tiempo. Dichas reservas para contingencias son necesarias para reducir el riesgo de desviación con respecto a los objetivos establecidos para el proyecto a un nivel aceptable para la organización.

- ✓ **Probabilidad de alcanzar los objetivos de costo y tiempo.** Con los riesgos que afronta el proyecto, se puede estimar la probabilidad de alcanzar los objetivos del proyecto de acuerdo con el plan actual utilizando los resultados del análisis cuantitativo de riesgos.

- ✓ **Lista priorizada de riesgos cuantificados.** Esta lista incluye los riesgos que representan la mayor amenaza o suponen la mayor oportunidad para el proyecto. Se incluyen los riesgos que pueden tener el mayor efecto en las contingencias de costos y aquéllos que tienen mayor probabilidad de influir en la ruta crítica. En algunos casos, estos riesgos pueden evaluarse mediante un diagrama con forma de tornado, el cual se genera como resultado del análisis de simulación. Tendencias en los resultados del análisis cuantitativo de riesgos. Conforme se repite el análisis, puede hacerse evidente una tendencia que lleve a conclusiones que afecten las respuestas a los riesgos. La información histórica de la organización relativa al cronograma, al costo, a la calidad y al desempeño del proyecto debe reflejar los nuevos conocimientos adquiridos a través del proceso Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos. Dicho historial puede adoptar la forma de un informe de análisis cuantitativo de riesgos. Este informe se puede presentar de manera independiente o vinculado con el registro de riesgos.

Planificar la respuesta a los riesgos

Planificar la Respuesta a los Riesgos es el proceso de desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que aborda los riesgos en función de su prioridad, introduciendo recursos y actividades en el presupuesto, el cronograma y el plan para la dirección del proyecto, según las necesidades. En la siguiente figura se muestra el proceso de la planificación de la respuesta al riesgo.

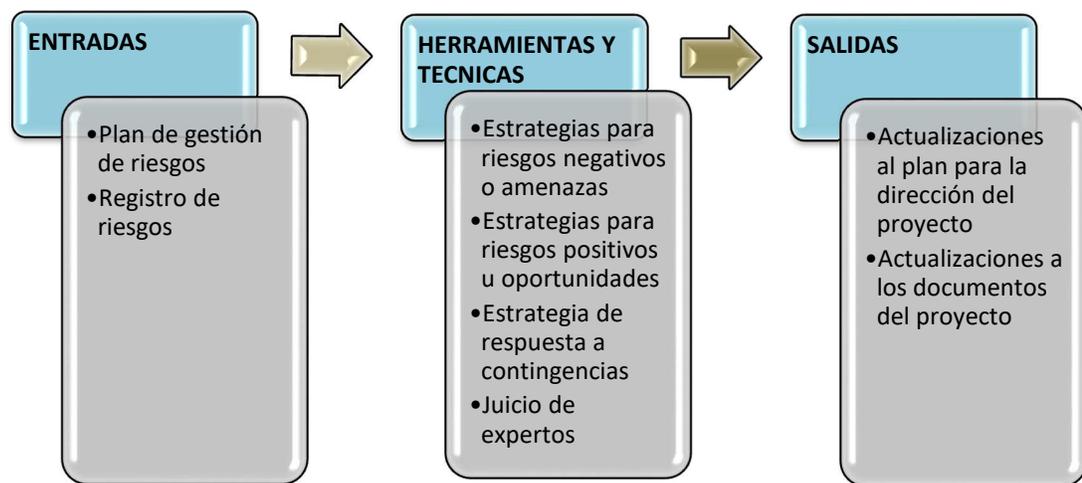


Figura 12. Diagrama de flujo del proceso Planificar la respuesta a los riesgos.

El proceso Planificar la Respuesta a los Riesgos se realiza después del proceso Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos (si se realiza este análisis). Cada respuesta a un riesgo requiere una comprensión del mecanismo por el cual se abordará el riesgo. Este es el mecanismo utilizado para analizar si el plan de respuesta a los riesgos está teniendo el efecto deseado. Incluye la identificación y asignación de una persona (un propietario de la respuesta a los riesgos) para que asuma la responsabilidad de cada una de las respuestas a los riesgos acordadas y financiadas. Las respuestas a los riesgos deben adecuarse a la importancia del riesgo, ser rentables con relación al desafío a cumplir, realistas dentro del contexto del proyecto, acordadas por todas las partes involucradas y deben estar a cargo de

una persona responsable. A menudo es necesario seleccionar la respuesta óptima a los riesgos entre varias opciones.

El proceso Planificar la Respuesta a los Riesgos presenta las metodologías comúnmente utilizadas para planificar las respuestas a los riesgos. Los riesgos incluyen las amenazas y las oportunidades que pueden afectar al éxito del proyecto, y se debaten las respuestas para cada una de ellas.

Planificar la respuesta a los riesgos: Entradas

- a) ***Plan de gestión de riesgos:*** Los componentes importantes del plan de gestión de riesgos incluyen los roles y las responsabilidades, las definiciones del análisis de riesgos, la periodicidad de las revisiones (y de la eliminación de riesgos de la revisión), así como los umbrales de riesgo para los riesgos bajos, moderados o altos. Los umbrales de riesgo ayudan a identificar los riesgos que requieren respuestas específicas.

- b) ***Registro de riesgos:*** El registro de riesgos incluye los riesgos identificados, las causas de los mismos, la lista de respuestas potenciales, los propietarios de los riesgos, los síntomas y señales de advertencia, la calificación relativa o lista de prioridades de los riesgos del proyecto, una lista de riesgos que requieren respuesta a corto plazo, una lista de riesgos que requieren un análisis adicional y una respuesta, las tendencias de los resultados del análisis cualitativo y una lista de supervisión para los riesgos de baja prioridad.

Planificar la respuesta a los riesgos: Herramientas y Técnicas

Existen varias estrategias de respuesta a los riesgos. Para cada riesgo, se debe seleccionar la estrategia o la combinación de estrategias con mayor probabilidad de eficacia. Las herramientas de análisis de riesgos, tales como el análisis mediante un árbol de decisiones, pueden utilizarse para

seleccionar las respuestas más apropiadas. Se desarrollan acciones específicas para implementar esa estrategia, incluyendo estrategias principales y de refuerzo, según sea necesario. Puede desarrollarse un plan de reserva, que se implementará si la estrategia seleccionada no resulta totalmente efectiva o si se produce un riesgo aceptado.

También deben revisarse los riesgos secundarios (riesgos provocados por las estrategias). A menudo, se asigna una reserva para contingencias de tiempo o costo. En los casos en que ésta se establece, el plan puede incluir la identificación de las condiciones que suscitan su utilización.

a) **Estrategias para Riesgos Negativos o Amenazas:** Las tres estrategias siguientes abordan normalmente las amenazas o los riesgos que pueden tener impactos negativos sobre los objetivos del proyecto en caso de ocurrir. La cuarta estrategia, aceptar, puede utilizarse tanto para riesgos negativos o amenazas como para riesgos positivos u oportunidades. Estas estrategias, descritas a continuación, consisten en evitar, transferir, mitigar o aceptar.

- ✓ **Evitar.** Evitar el riesgo es una estrategia de respuesta a los riesgos según la cual el equipo del proyecto actúa para eliminar la amenaza o para proteger al proyecto de su impacto. Por lo general implica cambiar el plan para la dirección del proyecto, a fin de eliminar por completo la amenaza. El director del proyecto también puede aislar los objetivos del proyecto del impacto del riesgo o cambiar el objetivo que se encuentra amenazado. Ejemplos de lo anterior son la ampliación del cronograma, el cambio de estrategia o la reducción del alcance. La estrategia de evasión más drástica consiste en anular por completo el proyecto. Algunos riesgos que surgen en etapas tempranas del proyecto se pueden evitar aclarando los requisitos, obteniendo información, mejorando la comunicación o adquiriendo experiencia.

- ✓ **Transferir.** Transferir el riesgo es una estrategia de respuesta a los riesgos según la cual el equipo del proyecto traslada el impacto de una amenaza a un tercero, junto con la responsabilidad de la respuesta. La transferencia de un riesgo simplemente confiere a una tercera parte la responsabilidad de su gestión; no lo elimina. La transferencia no implica que se deje de ser el propietario del riesgo por el hecho de transferirlo a un proyecto posterior o a otra persona sin su conocimiento o consentimiento. Transferir el riesgo casi siempre implica el pago de una prima de riesgo a la parte que asume el riesgo. La transferencia de la responsabilidad de un riesgo es más eficaz cuando se trata de la exposición a riesgos financieros. Las herramientas de transferencia pueden ser bastante diversas e incluyen, entre otras, el uso de seguros, garantías de cumplimiento, fianzas, certificados de garantía, etc. Para transferir a un tercero la responsabilidad de riesgos específicos se pueden utilizar contratos o acuerdos. Por ejemplo, cuando un comprador dispone de capacidades que el vendedor no posee, puede ser prudente transferir contractualmente al comprador parte del trabajo junto con sus riesgos correspondientes. En muchos casos, el uso de un contrato de margen sobre el costo puede transferir el costo del riesgo al comprador, mientras que un contrato de precio fijo puede transferir el riesgo al vendedor.

- ✓ **Mitigar.** Mitigar el riesgo es una estrategia de respuesta a los riesgos según la cual el equipo del proyecto actúa para reducir la probabilidad de ocurrencia o impacto de un riesgo. Implica reducir a un umbral aceptable la probabilidad y/o el impacto de un riesgo adverso. Adoptar acciones tempranas para reducir la probabilidad de ocurrencia de un riesgo y/o su impacto sobre el proyecto, a menudo es más eficaz que tratar de reparar el daño después de

ocurrido el riesgo. Ejemplos de acciones de mitigación son adoptar procesos menos complejos, realizar más pruebas o seleccionar un proveedor más estable. La mitigación puede requerir el desarrollo de un prototipo para reducir el riesgo de pasar de un modelo a pequeña escala de un proceso o producto a uno de tamaño real. Cuando no es posible reducir la probabilidad, una respuesta de mitigación puede abordar el impacto del riesgo centrándose en los vínculos que determinan su severidad. Por ejemplo, incorporar redundancias en el diseño de un sistema puede permitir reducir el impacto causado por una falla del componente original.

- ✓ **Aceptar.** Aceptar el riesgo es una estrategia de respuesta a los riesgos según la cual el equipo del proyecto decide reconocer el riesgo y no tomar ninguna medida a menos que el riesgo se materialice. Esta estrategia se adopta cuando no es posible ni rentable abordar un riesgo específico de otra manera. Esta estrategia indica que el equipo del proyecto ha decidido no cambiar el plan para la dirección del proyecto para hacer frente a un riesgo, o no ha podido identificar ninguna otra estrategia de respuesta adecuada. Esta estrategia puede ser pasiva o activa. La aceptación pasiva no requiere ninguna acción, excepto documentar la estrategia dejando que el equipo del proyecto aborde los riesgos conforme se presentan, y revisar periódicamente la amenaza para asegurarse de que no cambie de manera significativa. La estrategia de aceptación activa más común consiste en establecer una reserva para contingencias, que incluya la cantidad de tiempo, dinero o recursos necesarios para manejar los riesgos. PMBOOK (2013)

- b) **Estrategias para riesgos positivos u oportunidades:** Tres de las cuatro respuestas se sugieren para tratar riesgos con impactos potencialmente positivos sobre los objetivos del proyecto. La cuarta

estrategia, aceptar, puede utilizarse tanto para riesgos negativos o amenazas como para riesgos positivos u oportunidades. Estas estrategias, descritas a continuación, son explotar, compartir, mejorar o aceptar.

- ✓ **Explotar.** Esta estrategia puede seleccionarse para los riesgos con impactos positivos, cuando la organización desea asegurarse de que la oportunidad se haga realidad. Esta estrategia busca eliminar la incertidumbre asociada con un riesgo positivo particular, asegurando que la oportunidad definitivamente se concrete. Algunos ejemplos de explotación directa de las respuestas incluyen la asignación al proyecto de recursos más talentosos de la organización para reducir el tiempo hasta la conclusión o para ofrecer un costo menor que el planificado originalmente.
- ✓ **Compartir.** Compartir un riesgo positivo implica asignar todo o parte de la propiedad de la oportunidad a un tercero mejor capacitado para capturar la oportunidad en beneficio del proyecto. Algunos ejemplos de acciones para compartir incluyen la formación de asociaciones de riesgo conjunto, equipos, empresas con finalidades especiales o uniones temporales de empresas, que pueden establecerse con el propósito expreso de tomar ventaja de la oportunidad, de modo que todas las partes se beneficien a partir de sus acciones.
- ✓ **Mejorar.** Esta estrategia se utiliza para aumentar la probabilidad y/o los impactos positivos de una oportunidad. La identificación y maximización de las fuerzas impulsoras clave de estos riesgos de impacto positivo pueden incrementar su probabilidad de ocurrencia. Algunos ejemplos de mejorar las oportunidades incluyen la adición de más recursos a una actividad para terminar más pronto.

- ✓ **Aceptar.** Aceptar una oportunidad consiste en tener la voluntad de tomar ventaja de ella si se presenta, pero sin buscarla de manera activa.

- c) **Estrategias de respuesta a contingencias:** Algunas estrategias están diseñadas para ser usadas únicamente si se presentan determinados eventos. Para algunos riesgos, resulta apropiado para el equipo del proyecto elaborar un plan de respuesta que sólo se ejecutará bajo determinadas condiciones predefinidas, si se cree que habrá suficientes señales de advertencia para implementar el plan. Los eventos que disparan la respuesta para contingencias, tales como no cumplir con hitos intermedios u obtener una prioridad más alta con un proveedor, deben definirse y rastrearse.

- d) **Juicio de expertos:** El juicio de expertos constituye una entrada procedente de partes con sólidos conocimientos, respecto a las acciones a emprender en el caso de un riesgo específico y definido. La experiencia puede ser proporcionada por cualquier grupo o persona con una formación especializada, conocimientos, habilidad, experiencia o capacitación en la elaboración de respuestas a los riesgos.

Planificar la respuesta a los riesgos: Salidas

- a) **Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto:** Los elementos del plan para la dirección del proyecto susceptibles de actualización como resultado de la ejecución de este proceso incluyen, entre otros:
 - ✓ **Plan de gestión del cronograma.** El plan de gestión del cronograma se actualiza para reflejar los cambios en el proceso y en la práctica, motivados por las respuestas a los riesgos. Esto puede incluir cambios que atañen a la tolerancia o al

comportamiento en relación con la carga y nivelación de recursos, así como actualizaciones al cronograma mismo.

- ✓ **Plan de gestión de costos.** El plan de gestión de costos se actualiza para reflejar los cambios en el proceso y en la práctica, motivados por las respuestas a los riesgos. Esto puede incluir cambios que atañen a la tolerancia o al comportamiento en relación con la contabilidad de los costos, el seguimiento y los informes, así como actualizaciones al presupuesto y a la utilización de las reservas para contingencias.
- ✓ **Plan de gestión de calidad.** El plan de gestión de calidad se actualiza para reflejar los cambios en el proceso y en la práctica, motivados por las respuestas a los riesgos. Esto puede incluir cambios que atañen a la tolerancia o al comportamiento en relación con los requisitos, el aseguramiento o el control de calidad, así como actualizaciones a la documentación de requisitos.
- ✓ **Línea base del cronograma.** Como consecuencia de nuevo trabajo (o del trabajo omitido) generado por las respuestas a los riesgos, la línea base del cronograma puede actualizarse para reflejar estos cambios.
- ✓ **Línea base del desempeño de costos.** Como consecuencia de nuevo trabajo (o del trabajo omitido) generado por las respuestas a los riesgos, la línea base del desempeño de costos puede actualizarse para reflejar estos cambios.

- b) **Actualizaciones a los documentos del proyecto:** En el proceso Planificar la Respuesta a los Riesgos se actualizan diversos documentos del proyecto, según las necesidades. Por ejemplo, cuando se seleccionan y se acuerdan respuestas adecuadas a los riesgos, éstas se incluyen en el registro de riesgos. El registro de riesgos debe escribirse con un nivel de detalle que se corresponda con la clasificación de prioridad y la respuesta planificada. A menudo, los riesgos altos y moderados se tratan

en detalle. Los riesgos considerados de baja prioridad se incluyen en una lista de observación para su monitoreo periódico. Las actualizaciones al registro de riesgos incluyen, entre otras:

- ✓ Los propietarios del riesgo y sus responsabilidades asignadas.
- ✓ Las estrategias de respuesta acordadas.
- ✓ Las acciones específicas para implementar la estrategia de respuesta seleccionada.
- ✓ Las condiciones desencadenantes, los síntomas y las señales de advertencia relativos a la ocurrencia de un riesgo.
- ✓ El presupuesto y las actividades del cronograma necesarios para implementar las respuestas seleccionadas.
- ✓ Los planes de contingencia y disparadores que requieren su ejecución.
- ✓ Los planes de reserva para utilización como reacción a un riesgo que ha ocurrido y para el que la respuesta inicial no ha sido la adecuada.
- ✓ Los riesgos residuales que se espera que permanezcan después de la ejecución de las respuestas planificadas, así como los riesgos que han sido aceptados deliberadamente.
- ✓ Los riesgos secundarios que surgen como resultado directo de la implementación de una respuesta a los riesgos.
- ✓ Las reservas para contingencias que se calculan tomando como base el análisis cuantitativo de riesgos del proyecto y los umbrales de riesgo de la organización.

También se consideran otros documentos del proyecto susceptibles de actualización, como lo son:

- ✓ **Actualizaciones al registro de supuestos.** Conforme se dispone de nueva información por medio de la aplicación de las respuestas a los riesgos, los supuestos pueden cambiar.

Es preciso revisar el registro de supuestos para dar cabida a esta nueva información.

- ✓ **Actualizaciones a la documentación técnica.** Conforme se dispone de nueva información por medio de la aplicación de las respuestas a los riesgos, los métodos técnicos y los entregables físicos pueden cambiar. La documentación de apoyo debe revisarse para dar cabida a esta nueva información.
- ✓ **Solicitudes de cambio.** La planificación de posibles respuestas a los riesgos a menudo puede dar lugar recomendaciones de cambios en los recursos, actividades, estimaciones de costos y otros elementos identificados durante otros procesos de planificación. Cuando se identifican dichas recomendaciones, se generan y se procesan solicitudes de cambio a través del proceso subsiguiente.

Controlar los riesgos

Controlar los Riesgos es el proceso por el cual se implementan planes de respuesta a los riesgos, se rastrean los riesgos identificados, se monitorean los riesgos residuales, se identifican nuevos riesgos y se evalúa la efectividad del proceso contra los riesgos a través del proyecto. Las respuestas a los riesgos planificadas que se incluyen en el registro de riesgos se ejecutan durante el ciclo de vida del proyecto, pero el trabajo del proyecto debe monitorearse continuamente para detectar riesgos nuevos, riesgos que cambian o que se tornan obsoletos.

El proceso Controlar los Riesgos aplica técnicas tales como el análisis de variación y de tendencias, que requieren el uso de información de desempeño generada durante la ejecución del proyecto. Otras finalidades del proceso Controlar los Riesgos consisten en determinar si:

- ✓ Los supuestos del proyecto siguen siendo válidos,
- ✓ Los análisis muestran que un riesgo evaluado ha cambiado o puede descartarse,
- ✓ Se respetan las políticas y los procedimientos de gestión de riesgos, y
- ✓ Las reservas para contingencias de costo o cronograma deben modificarse para alinearlas con la evaluación actual de los riesgos.

El proceso Controlar los Riesgos puede implicar la selección de estrategias alternativas, la ejecución de un plan de contingencia o de reserva, la implementación de acciones correctivas y la modificación del plan para la dirección del proyecto. El propietario de la respuesta a los riesgos informa periódicamente al director del proyecto sobre la eficacia del plan, sobre cualquier efecto no anticipado y sobre cualquier corrección necesaria para gestionar el riesgo adecuadamente. Controlar los Riesgos también implica una actualización de los activos de los procesos de la organización, incluidas las bases de datos de lecciones aprendidas del proyecto y las plantillas de gestión de riesgos, para beneficio de proyectos futuros.

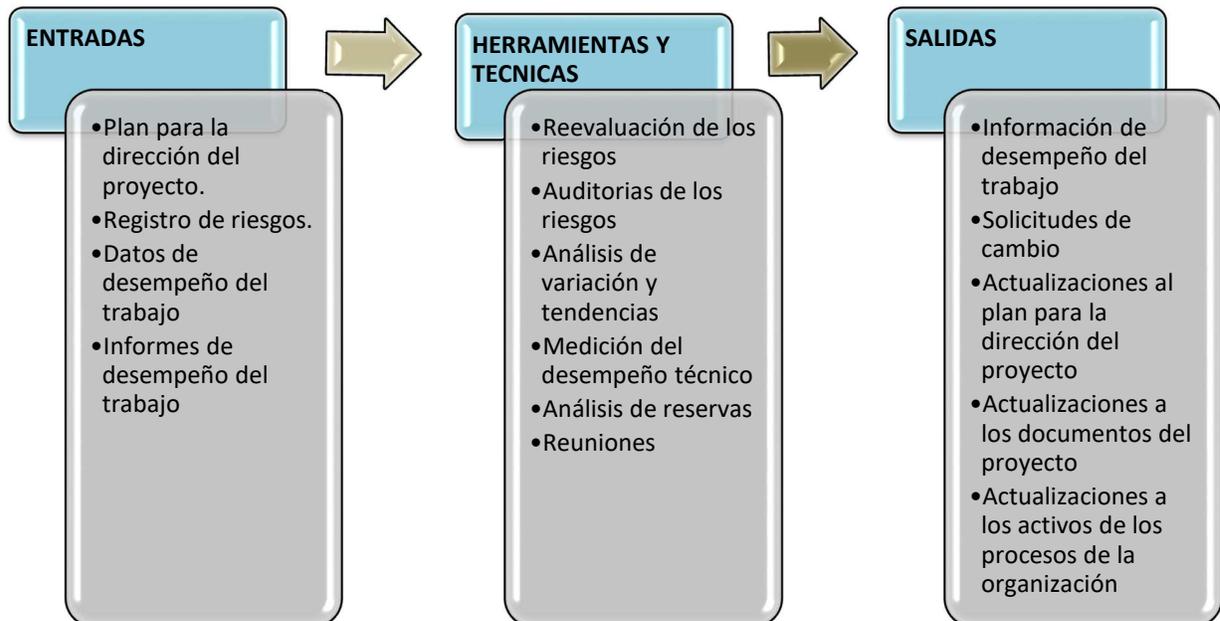


Figura 13. Diagrama de flujo del proceso Controlar los riesgos.

Controlar los riesgos: Entradas

- a) **Plan para la dirección del proyecto:** El plan para la dirección del proyecto contiene el plan de gestión de riesgos, que incluye la tolerancia a los riesgos, los protocolos y asignaciones de personas (incluidos los propietarios de los riesgos), el tiempo y otros recursos para la gestión de los riesgos del proyecto.
- b) **Registro de riesgos:** El registro de riesgos tiene entradas clave que incluyen los riesgos identificados y los propietarios de los riesgos, las respuestas acordadas a los riesgos, las acciones de implementación específicas, los síntomas y las señales de advertencia de riesgos, los riesgos residuales y secundarios, una lista de supervisión de los riesgos de baja prioridad y las reservas para contingencias de tiempo y costo.
- c) **Datos del desempeño del trabajo:** Los datos de desempeño del trabajo relativos a los diferentes resultados de desempeño que pueden recibir el impacto de los riesgos incluyen, entre otros:
- ✓ El estado de los entregables,
 - ✓ El avance del cronograma, y
 - ✓ Los costos incurridos.
- d) **Informes de desempeño del trabajo:** Los informes de desempeño del trabajo toman datos de las mediciones del desempeño y los analizan para brindar información de desempeño del trabajo del proyecto, incluido el análisis de variación, los datos sobre el valor ganado y los datos para proyecciones. Estos datos pueden tener un gran impacto sobre el control de los riesgos relacionados con el desempeño.

Controlar los riesgos: Herramientas y Técnicas

- a) **Reevaluación de los riesgos:** Controlar los Riesgos a menudo trae como resultado la identificación de nuevos riesgos, la reevaluación de los riesgos actuales y el cierre de riesgos obsoletos. Deben programarse periódicamente reevaluaciones de los riesgos del proyecto. La cantidad y el nivel de detalle de las repeticiones que corresponda hacer dependerán de la manera en que el proyecto avanza con relación a sus objetivos.

- b) **Auditorías de los riesgos:** Las auditorías de riesgos examinan y documentan la eficacia de las respuestas a los riesgos identificados y sus causas, así como la eficacia del proceso de gestión de riesgos. El director del proyecto es el responsable de asegurar que las auditorías de riesgos se realicen con una frecuencia adecuada, tal y como se definiera en el plan de gestión de los riesgos del proyecto. Las auditorías de riesgos se pueden incluir en las reuniones de rutina de revisión del proyecto, o bien, pueden celebrarse reuniones específicas de auditoría de riesgos si el equipo así lo decide. El formato de la auditoría y sus objetivos deben definirse claramente antes de efectuar la auditoría.

- c) **Análisis de variación y tendencias:** Numerosos procesos de control utilizan el análisis de variación para comparar los resultados planificados con los resultados reales. Con el propósito de controlar los riesgos, deben revisarse las tendencias en la ejecución del proyecto utilizando la información relativa al desempeño. El análisis del valor ganado y otros métodos de análisis de variación y de tendencias del proyecto pueden utilizarse para monitorear el desempeño global del proyecto. Los resultados de estos análisis pueden pronosticar la desviación potencial del proyecto en su conclusión con respecto a los objetivos de costo y cronograma. La desviación con respecto al plan de línea base puede indicar el impacto potencial de amenazas u oportunidades.

- d) Medición del desempeño técnico:** La medición del desempeño técnico compara los logros técnicos durante la ejecución del proyecto con el cronograma de logros técnicos. Requiere la definición de medidas objetivas y cuantificables del desempeño técnico que se puedan utilizar para comparar los resultados reales con los planificados. Dichas mediciones del desempeño técnico pueden incluir pesos, tiempos de transacción, número de piezas defectuosas entregadas, capacidad de almacenamiento, etc. Una desviación, como por ejemplo ofrecer una mayor o menor funcionalidad con respecto a la planificada para un hito, puede ayudar a predecir el grado de éxito que se obtendrá en el cumplimiento del alcance del proyecto.
- e) Análisis de reservas:** A lo largo de la ejecución del proyecto se pueden materializar algunos riesgos, con impactos positivos o negativos sobre las reservas para contingencias del presupuesto o del cronograma. El análisis de reservas compara la cantidad de reservas para contingencias restantes con la cantidad de riesgo remanente en un momento dado del proyecto, con objeto de determinar si la reserva restante es suficiente.
- f) Reuniones:** La gestión de los riesgos del proyecto debe ser un punto del orden del día en las reuniones periódicas sobre el estado del proyecto. El tiempo requerido para tratar este asunto variará en función de los riesgos que se hayan identificado, de su prioridad y de la dificultad de respuesta. La gestión de riesgos se torna más sencilla conforme se practica con mayor frecuencia. Los debates frecuentes sobre los riesgos aumentan las posibilidades de que las personas identifiquen los riesgos y las oportunidades.

Controlar los riesgos: Salidas

- a) **Información de desempeño del trabajo:** La información de desempeño del trabajo, como salida del proceso Controlar los Riesgos, proporciona un mecanismo para comunicar y apoyar la toma de decisiones del proyecto.
- b) **Solicitudes de cambio:** La implementación de planes de contingencia o soluciones alternativas en ocasiones dan como resultado solicitudes de cambio. Las solicitudes de cambio se preparan y envían al proceso Realizar el Control Integrado de Cambios. Las solicitudes de cambio pueden incluir acciones recomendadas, tanto correctivas como preventivas.
- ✓ **Acciones correctivas recomendadas.** Son actividades que permiten realinear el desempeño del trabajo del proyecto con el plan para la dirección del proyecto. Incluyen planes de contingencia y soluciones alternativas. Estas últimas son respuestas que no se planificaron inicialmente, pero que se requieren para enfrentar riesgos emergentes no identificados previamente o aceptados de manera pasiva.
 - ✓ **Acciones preventivas recomendadas.** Son actividades que aseguran que el desempeño futuro del trabajo del proyecto esté alineado con el plan para la dirección del proyecto.
- c) **Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto:** Si las solicitudes de cambio aprobadas afectan a los procesos de gestión de riesgos, se han de revisar y volver a publicar los documentos correspondientes del plan para la dirección del proyecto a fin de reflejar los cambios aprobados. Los elementos del plan para la dirección del

proyecto susceptibles de actualización son los mismos que los del proceso Planificar la Respuesta a los Riesgos.

- d) **Actualizaciones a los documentos del proyecto:** Los documentos del proyecto susceptibles de actualización como resultado del proceso Controlar los Riesgos incluyen entre otros el registro de riesgos. Las actualizaciones del registro de riesgos pueden incluir:
- ✓ **Los resultados de las revaluaciones, auditorías y revisiones periódicas de los riesgos.** Estos resultados pueden incluir la identificación de nuevos riesgos, actualizaciones a la probabilidad, al impacto, a la prioridad, a los planes de respuesta, a la propiedad y a otros elementos del registro de riesgos. Los resultados también pueden incluir el cierre de riesgos que ya no se aplican y la liberación de las reservas correspondientes.
 - ✓ **Los resultados reales de los riesgos del proyecto y de las respuestas a los riesgos.** Esta información puede ayudar a los directores de proyecto a planificar los riesgos a través de la organización, así como en proyectos futuros.
- e) **Actualizaciones a los activos de los procesos de la organización:** Los procesos de gestión de riesgos generan información que se puede utilizar en futuros proyectos y que debe reflejarse en los activos de los procesos de la organización. Los activos de los procesos de la organización susceptibles de actualización incluyen, entre otros:
- ✓ Plantillas para el plan de gestión de los riesgos, incluidos la matriz de probabilidad e impacto y el registro de riesgos;
 - ✓ La estructura de desglose de riesgos, y
 - ✓ Las lecciones aprendidas procedentes de las actividades de gestión de los riesgos del proyecto.

Estos documentos deben actualizarse cada vez que sea necesario y al cierre del proyecto. Se incluyen las versiones finales del registro de riesgos y de las

plantillas del plan de gestión de los riesgos, las listas de verificación y la estructura de desglose de riesgos.

Marco metodológico

Es evidente que en éstos temas se aborden tanto los puntos de vista de dichos expertos como en las metodologías establecidas que han sido utilizadas en otros trabajos dirigidos hacia la administración e ingeniería de riesgos, por ello, se presentan a continuación los métodos que se consideran bastante sustanciosos para apoyar la investigación.

Metodología de la investigación de los riesgos

Dado que cuando se cuestiona la seguridad de un objeto, sea un producto nuevo o una sustancia, es necesario medir los riesgos y esto es parte de una decisión sensitiva se deben extremar cuidados y precauciones en el método científico, y por ello es muy bueno contar con una fidedigna fuente de datos.

Fuente de datos.

Las fuentes de datos tienen gran importancia en el estudio de los riesgos, en primer lugar está la veracidad y rigor en la toma de datos ya que deben evitarse todo tipo de datos subjetivos o de fuentes no verificables. La veracidad de los datos es uno de los ítems más cuestionados.

Los datos deben ser analizados mediante un método científico, tanto más rigurosos debido a los alcances sociales y económicos que tienen estas investigaciones.

Los pasos aplicables están relacionados con los establecidos en las antiguas normas a saber:

- ✓ Establecer las condiciones de la exposición.
- ✓ Identificar los efectos adversos.

- ✓ Correlacionar la exposición con el efecto.
- ✓ Estimación del riesgo.
- ✓ Esta metodología puede aplicarse tanto las enfermedades como a riesgos.

Esta metodología puede aplicarse tanto las enfermedades como a riesgos derivados de actividades humanas, por ejemplo: accidentes de trabajo, accidentes viales, etc.

Criterios de aceptación de los riesgos.

El proceso de aceptación de un riesgo es una pregunta que no tiene una respuesta simple. El grado de aceptación depende de pautas de aceptabilidad, las más comunes son las siguientes:

- ✓ *Racionalidad del uso:* Por ejemplo cuando se irradia a una persona o se le somete a quimioterapia para combatir el cáncer.
- ✓ *Hábitos de uso:* Como cuando se desconoce el efecto negativo de algún medicamento y se ha usado por mucho tiempo.
- ✓ *Práctica profesional:* Las especificaciones del uso de un tipo de suelo de acuerdo a normas profesionales establecidas como lo es el sistema de clasificación de suelos AASHTO.
- ✓ *Criterio de costo beneficio:* El criterio es basado en que la introducción de un perjuicio introduce un beneficio económico. Estos criterios de aceptación de los riesgos se pueden complementar con criterios empíricos, que perfeccionen los anteriores.
- ✓ *Toma decisiones en función del riesgo:* Cuando se toman decisiones a nivel empresa o a nivel administrativo, una de las maneras es comparar los riesgos de una actividad con los de otra.

En base a éstos criterios de aceptación se enumeran dichos beneficios que la nueva actividad aporta a la sociedad y se le acepta en función a esto, a ello se le denomina método costo beneficio, lo complicado es que los

beneficios no son iguales que los que reciben los perjuicios, y estos últimos no son informados. El método es en realidad perjuicio contra beneficio.

En general las decisiones costo beneficio son tomadas por la presión de grupos de intereses, vecinales, comerciales, etc., que creen que un emprendimiento traerá resultados positivos, independientemente de los riesgos que aporte, lo que constituye un contrato imaginario en el cual se pretende que una empresa otorgue beneficios a la comunidad como ya es costumbre en éste país percibirlo como un avance. López (2013)

Para Zorrilla Salgado (2004), cuando el equipo del proyecto emplea la administración proactiva de riesgos, los valora en forma continua y los utiliza para tomar decisiones en todas las etapas del proyecto. Incluye los riesgos y los enfrenta hasta que se resuelven, o hasta que se convierten en problemas y se manejan como tales.



Figura 14. El proceso de administración proactiva de riesgos.

Fuente: Zorrilla Salgado, Administración de los riesgos, 2004.

Identificación de riesgos.

Es el primer paso el proceso de la administración proactiva de riesgos. Los riesgos deben identificarse antes de que puedan administrarse. La identificación de riesgos proporciona al equipo del proyecto las oportunidades, indicios e información que le permiten ubicar los riesgos

principales antes de que afecten adversamente al proyecto. El proceso que ocurre entre los integrantes del equipo y los patrocinadores es muy importante. Es un medio vigoroso de manifestar las suposiciones y los puntos de vista contrastantes.

No es probable que en un equipo haya coincidencia en la valoración de todos los factores de riesgo. Dependiendo de su experiencia, sus conocimientos y sus intereses de cada uno de los diferentes integrantes del equipo tendrá una opinión propia. Si después de una discusión no se alcanza un acuerdo, el mejor enfoque es una votación, donde prevalezca la opinión de la mayoría.

Los factores de riesgo se agrupan por área de atención y categoría. Los factores del propósito y las metas, la necesidad de tomar decisiones, los factores de administración de la organización, y los factores de presupuestos y costos, son ejemplos de las categorías de factores de riesgo dentro de un área de atención.

Cada factor de riesgo posee una o más características que describen si el riesgo debe considerarse alto, mediano o bajo.

Una evidencia de riesgo bajo sería que el proyecto apoyará directamente el propósito y las metas del cliente; una evidencia de riesgo alto sería cuando el proyecto no apoyara ni se relacionara con el propósito y las metas del cliente. Zorrilla Salgado (2004).

La declaración del riesgo.

Antes de que pueda administrarse un riesgo, debe expresarse con claridad. Cuando declara un riesgo, el equipo no debe considerar sólo un síntoma, sino también un resultado. Por esa razón, la declaración del riesgo debe incluir lo que provoca que surja la situación (esto es, la causa) y el resultado esperado (la consecuencia).



Figura 15. La declaración del riesgo.

Fuente: Zorrilla Salgado, Administración de los riesgos, 2004.

Metodología de la administración de los riesgos

Es importante destacar que según Sánchez (2011), en general, define que los procesos involucrados en la administración de riesgos se pueden agrupar en las siguientes etapas:

Identificación de los riesgos: consiste en identificar los riesgos de un proyecto a través de la aplicación de técnicas tales como lluvia de ideas, grupo nominal, lista de verificación, diagramas causa - efecto, entre otros.

Análisis y cuantificación de riesgos: consiste en cuantificar el impacto de los riesgos de un proyecto en término de costo y duración mediante el uso de técnicas de análisis de riesgos.

Respuesta al riesgo: consiste en analizar y seleccionar la estrategia que contrarreste el impacto de los riesgos inherentes a un proyecto. La estrategia de fondo de contingencia es la más común para proyectos de construcción.

Asignación de contingencias: consiste en la asignación de fondos de contingencias y el monitoreo y control de los riesgos de acuerdo a la estrategia implementada.

A continuación se describen algunas de las técnicas y métodos empleados en la etapa de identificación de riesgos:

Identificación de los riesgos

Se deben tener en cuenta el contexto del problema, la información histórico de registros de los riesgos de proyectos anteriores y evaluar la calidad de las estimaciones de tiempo y costo del proyecto para alcanzar al máximo los beneficios de las técnicas de identificación de los riesgos que se pueden presentar durante el ciclo de vida de un proyecto.

a) Lluvia de ideas

Para Sánchez (2011) La lluvia de ideas es una técnica en la que un grupo de personas, colectivamente generan ideas y resulta más productivo que si cada persona piensa por si sola. En una sesión de lluvia de ideas, se alienta a todos los participantes a expresar sus ideas; todas las ideas se escriben en las hojas de un rotafolio que se adhieren a los muros, sin permitir que alguien critique alguna idea, pues ello desmotivaría a los participantes a expresarse libremente. Conviene fijar una meta de un número de ideas definido para luego, al haber alcanzado el número acordado, éstas puedan analizarse para implementar las mejores.

b) Entrevistas y cuestionarios

Junto con las entrevistas, el cuestionario es la técnica de recolección de datos más empleada porque es menos costosa y permite llegar a un número mayor de participantes y también facilita el análisis aunque puede tener limitaciones que pueden restar el valor a la investigación desarrollada. Las entrevistas permiten obtener una investigación cualitativa mientras que los cuestionarios

permiten cuantificar la información. Se recomienda buscar también en registros de entrevistas pasadas. Esta técnica se emplea para identificar los riesgos que no se detectaron en la etapa de planeación.

c) Listas de verificación

La lista de verificación es una de las herramientas más utilizadas por los analistas de riesgos ya que en ella se encuentra un catálogo de riesgos clasificados según su origen. Es importante que los administradores de riesgos construyan su propia lista de chequeo con la finalidad de llevar un registro de los nuevos riesgos identificados cada vez que se lleve a cabo un proyecto nuevo.

Según Stephen Ward (1999), se sugiere la utilización de una forma de registro de riesgos donde se especifique el tipo, la frecuencia, la severidad del impacto y la estrategia de solución de cada riesgo. La ventaja de esta forma es que crea un pensamiento activo de identificación de riesgos en los participantes, no solo durante el inicio del proyecto sino a lo largo de la vida del ciclo del proyecto y además, sirve para ir registrando los riesgos en la lista de verificación.

d) Técnica de grupo nominal

Es un proceso de búsqueda proactiva desarrollada por un grupo de personas que tienen la finalidad de identificar los riesgos y buscarle una solución a los mismos. Con éste método se generan y registran las ideas relevantes cuyo objetivo es tomar una decisión grupal. Es muy utilizada cuando se requiere generar ideas bajo presión o cuando se busca resolver problemas complejos.

e) Diagramas causa – efecto

La solución de problemas envuelve la importancia de conocer las causas reales y sus interrelaciones. El diagrama causa - efecto (figura 3.) guía la recolección de datos y su análisis para localizar la causa raíz de un problema.

Por ejemplo, esta técnica se puede utilizar para identificar todas las causas que provocan la falta de suministro de material a tiempo en una obra (efecto) o las causas que provocan el retraso de una obra (efecto). Los pasos para llevar a cabo la construcción de un diagrama causa - efecto son los siguientes:

- ✓ Se establece el efecto a estudiar.
- ✓ Se dibuja una línea horizontal.
- ✓ Se dibuja un cuadro al final de la línea conteniendo el efecto dentro del mismo.
- ✓ Se realiza una lluvia de ideas con todos los participantes del proyecto con la finalidad de enriquecer la aportación de las posibles causas desde los diferentes puntos de vista de los participantes.
- ✓ Se ramifica la línea horizontal en las principales categorías de causas que pudieran ser por ejemplo, recursos humanos, materiales, métodos, maquinaria, políticas, procedimientos, tecnología y sistemas, entre otros.
- ✓ Se ramifican cada una de las ramas principales en causas de segundo nivel, tercer nivel, hasta llegar al nivel deseado de análisis mismo que será establecido bajo el criterio de los administradores o analistas de riesgos de la empresa.

Es importante establecer hasta qué nivel se hará la identificación de las causas para evitar hacer trabajo innecesario en analizar causas insignificantes según el impacto de éstas sobre el efecto. Los analistas deben tener en mente prioridades sobre las causas que ellos consideren más importantes sobre el efecto que se está estudiando. Sánchez (2011).

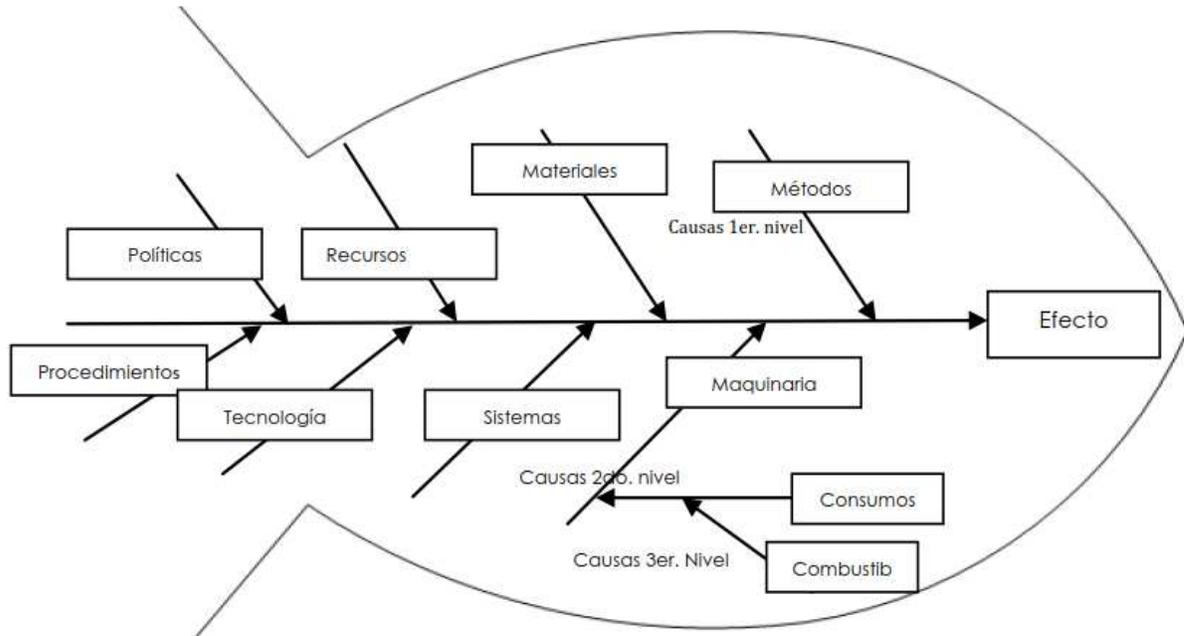


Figura 16. Ejemplo de un diagrama causa – efecto.

Fuente: Sánchez (2011)

f) Técnica de análisis de procesos

Es de gran utilidad para conocer la relación entre el personal y el trabajo de un proceso. Se construye por medio de una gráfica y su análisis apropiado ayuda a los usuarios a entender e identificar los cuellos de botella del proceso lo cual se traduce como riesgos. Un proceso que se puede analizar es la etapa de solicitud de cambios, identificando por medio de un diagrama el impacto en costo y tiempo que se tendrá. Los pasos para construir el diagrama de procesos son los siguientes:

- ✓ Entender el proceso y la relación entre todos los parámetros del proceso (mano de obra, maquinaria, materiales, métodos, procedimientos, tecnología, sistemas y políticas).
- ✓ Entender los símbolos del diagrama tales como procesos, transportación, retrasos y puntos de decisión.
- ✓ Construir el diagrama empezando con la primera actividad o evento. Conectar todas las actividades o procesos usando flechas en orden cronológico.
- ✓ Identificar los problemas claves mediante la revisión de cada paso y elemento especificado.

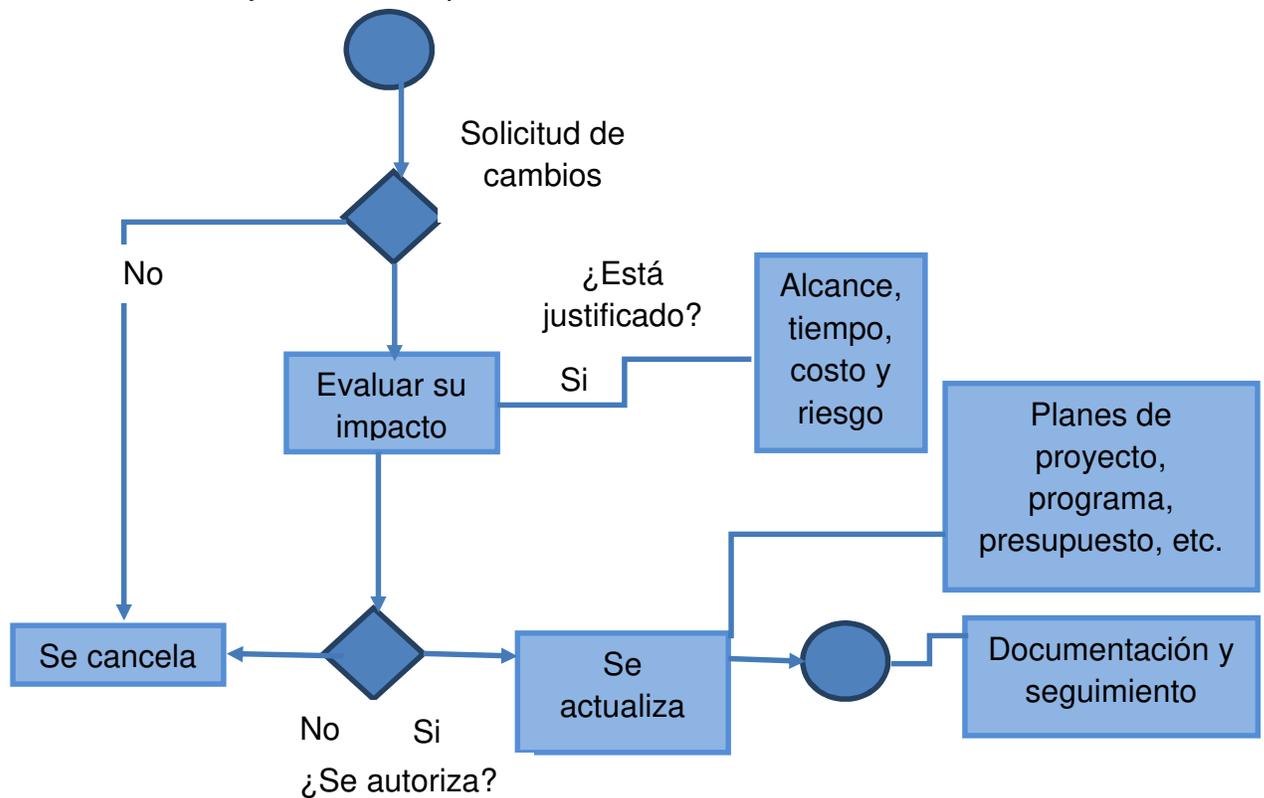


Figura 17. Ejemplo de un diagrama de proceso.

Las 7 M del proceso productivo

Un proceso productivo, es aquel conjunto de elementos, personas y acciones que transforman materiales y/o brindan servicios de cualquier índole. Es decir, que se agrega algún tipo de valor. Es por ello que resulta interesante e importante el dominio del proceso a partir de sus componentes, ya que de no tener dicho dominio nos encamina a que el resultado sea el no deseado, con el consiguiente derroche de materiales, energía, tiempo y por sobre todo con la insatisfacción del cliente de dicho proceso. Cada vez más resulta imposible pensar en un arranque de proceso sin la previa validación del mismo, con la consiguiente comprobación del estado de las cosas, de manera de asegurar que el producto final sea el que se busca, optimizando recursos y disminuyendo costos innecesarios. Es por ello que a continuación se define los componentes que se conocen como 7M del proceso productivo:

- ✓ **Materia prima:** Las materias primas necesarias para el proceso, deben ser las especificadas por las hojas de operaciones correspondientes, chequeando la procedencia, el estado, la cantidad y la fecha de fabricación o ingreso.

La cantidad debe alcanzar para que el proceso puede desenvolverse en su totalidad, evitando interrupciones por faltantes. El estado del material es importante para obtener un buen resultado. Se lo verifica en el control de recepción, como así también la fecha de elaboración / ingreso, para evitar vencimientos y degradaciones en el tiempo.

El utilizar material sustituto debe estar validado específicamente por quien autorice la gestión sino se debe evitar su uso.

- ✓ **Mano de obra:** Es posiblemente una de las “M” s más interesantes. En general cualquier proceso, incluso los de mayor grado de automatización, tienen un componente cuantitativo / cualitativo de mano de obra más o menos especializada. La mano de obra que trabaje en un proceso, debe estar instruida y entrenada en las operaciones, sabiendo diferenciar un producto

bueno de uno que no lo es. Deben conocer cómo reaccionar ante una no conformidad, y llevar los registros correspondientes a la operación.

Puede variar según sea su grado de conocimiento o experiencia desde el personal en entrenamiento con fuerte supervisión, a personal con vasta experiencia y suficiente conocimiento como para capacitar a otro operario nuevo.

- ✓ **Método:** Las operaciones no deben hacerse de cualquier manera, sino que debe haber una forma pautada e indicada en las hojas de operaciones, que lleve a acciones repetitivas, de manera de asegurar la uniformidad en el resultado. El método indica la secuencia de acciones dentro de la operación, y el número de operarios involucrados.

- ✓ **Maquinaria:** Se debe utilizar maquinaria y herramienta especificada en la hoja de procesos. Inicialmente al arrancar el proceso, se debe hacer un chequeo rápido por parte del operario, llamado a veces “Mantenimiento de 1er nivel”, donde se verifica que el equipo esté en condiciones favorables para el trabajo, que no presente ruidos extraños o golpeteos diferentes a su funcionalidad normal, que no se presenten recalentamientos o fugas de fluidos líquidos ó gaseosos y la limpieza del mismo.

- ✓ **Medio ambiente:** Por lo general descuidado, el medio ambiente se refiere al orden y a la limpieza del sector productivo, y porque no a la seguridad de los operadores, y al trabajo sostenido en un clima agradable de colaboración y respeto mutuo. La falta de orden y limpieza atenta contra la obtención de buenos productos, favoreciendo la mezcla y la confusión, dificultando los desplazamientos libres, y aumentando las ocasiones de accidentes de trabajo. Todo sector productivo debiera asegurarse de éste punto, antes de seguir con los demás.

- ✓ **Medición:** Se refiere a todo tipo de medición que se hace en el sector. Por ejemplo: cantidad de piezas fabricadas, tiempos estándar de operación,

cantidad de piezas conformes, mediciones hechas sobre piezas, productividad, cantidad de re-procesos.

Una gestión ágil y moderna de un proceso, se hace cuando se conocen sus índices de mediciones. Esto permite hacer correcciones, mejoras, es decir tomar decisiones, y eso solo se puede hacer cuando se conocen los valores del proceso.

- ✓ **Management (administración):** Es la gestión / administración del sector y está a cargo del encargado, y lo hará a través del manejo y control de las “M” s anteriormente mencionadas. Así podrá informar consistentemente a la jefatura o gerencia a la cual debe responder, elevando en una apretada síntesis logros y necesidades de su sector. A su vez recibirá directrices, las cuales deberá bajar y aplicar en su sector. Vanegas (2007) y Pulido Juan (2006)

Modelo y simulación Montecarlo

- a) **Simulación:** Chase (2009) define simulación con varios significados dependiendo de su aplicación, por ejemplo en negocios se refiere al uso de computadora para llevar a cabo experimentos en un modelo de un sistema real. Otros pueden ser los simuladores de vuelo, juegos de video y animación virtual. Los experimentos de simulación se efectúan antes de que el sistema real entre en operación a fin de ayudar en su diseño, ver cómo reaccionaría al sistema a los cambios en sus reglas operativas o evaluar la respuesta del sistema a los cambios de estructura.

La simulación es adecuada especialmente en situaciones en las que el tamaño o la complejidad del problema dificulta o hace imposible el uso de técnicas de optimización. También se puede emplear en conjunto con técnicas científicas tradicionales de gestión y estadística.

Proceso que genera cientos o miles de resultados de desempeños posibles sobre la base de distribuciones de probabilidades para el costo y cronograma a nivel de tareas individuales. (Chapra Steven, 2011).

- b) ***Simulación en hoja de cálculo:*** Las hojas de cálculo como Microsoft Excel®, son muy útiles para una variedad de problemas, y se puede decir que en una hoja de cálculo de Excel® se pueden realizar miles de iteraciones a diferencia que con el procedimiento manual y Chase (2009) agrega que como herramienta analítica, la simulación tiene una ventaja sobre los métodos cuantitativos en cuanto a que es dinámica, mientras los métodos analíticos muestran un desempeño promedio a la larga.

- c) ***Simulación Montecarlo:***

En la actualidad la simulación es ampliamente aceptada en el mundo de los negocios para predecir, explicar y ayudar a identificar soluciones óptimas, particularmente en esta investigación se aplicará la simulación Montecarlo del riesgo usando Microsoft Excel® con el fin de estimar si dicho riesgo impacta de manera significativa a exclusivamente una etapa del proceso constructivo.

Las simulaciones iterativas se realizan habitualmente utilizando la técnica Monte Carlo. En una simulación, el modelo del proyecto se calcula muchas veces (mediante iteración) utilizando valores de entrada (por ejemplo, estimaciones de costos o duraciones de las actividades) seleccionados al azar para cada iteración a partir de las distribuciones de probabilidad para estas variables. A partir de las iteraciones, se calcula una distribución de probabilidad (por ejemplo, el costo total o la fecha de conclusión). Para un análisis de riesgos de costos, una simulación emplea estimaciones de costos. Para un análisis de los riesgos relativos al cronograma, se emplean el diagrama de red del cronograma y las estimaciones de la duración. López (2013).

La simulación Montecarlo es básicamente un muestreo experimental cuyo propósito es estimar las distribuciones de las variables de salida que depende de variables probabilísticas de entrada. Se basa éste término por su similaridad al muestreo aleatorio en los juegos de ruleta en los casinos de Monte Carlo. Y dado que hoy en día los modelos de simulación pueden crearse y ejecutarse en una PC. El nivel de conocimientos de computación y matemática requeridos para diseñar y correr un simulador útil se ha reducido considerablemente. La capacidad de los modelos de simulación para tratar con la complejidad, manejar la variabilidad de las medidas de desempeño y reproducir el comportamiento a corto plazo permite que la simulación sea una herramienta poderosa.

- ✓ **Beneficios de la simulación.** Los modelos simulados son más fáciles de entender que muchos modelos analíticos.
 - Se gana “experiencia” en forma barata simulando en el computador sin correr riesgos reales.
 - Se obtienen resultados de manera rápida.
 - Con los modelos de simulación es posible analizar sistemas muy complejos, donde los modelos analíticos no pueden llegar.

- ✓ **Interpretación de los resultados de la simulación:** Los resultados que se obtendrán ayudarán a comprender mejor el potencial de utilidad o pérdida, por lo tanto se recomienda realizar un histograma de la utilidad simulada y obtener además las correspondientes estadísticas descriptivas para el número de ensayos pedidos en la simulación, en estas últimas se puede incluir el número de pérdidas (para calcular la probabilidad de una pérdida), la utilidad mínima y la utilidad máxima. Con estos datos se toman las decisiones adecuadas. Recordemos que los estudios de simulación permiten una

estimación objetiva de la probabilidad de una pérdida, lo que es un aspecto de importancia en el análisis de riesgo. Azofeifa, Carlos E. (2002)

Enseguida se muestra un ejemplo de un histograma resultante de una simulación:

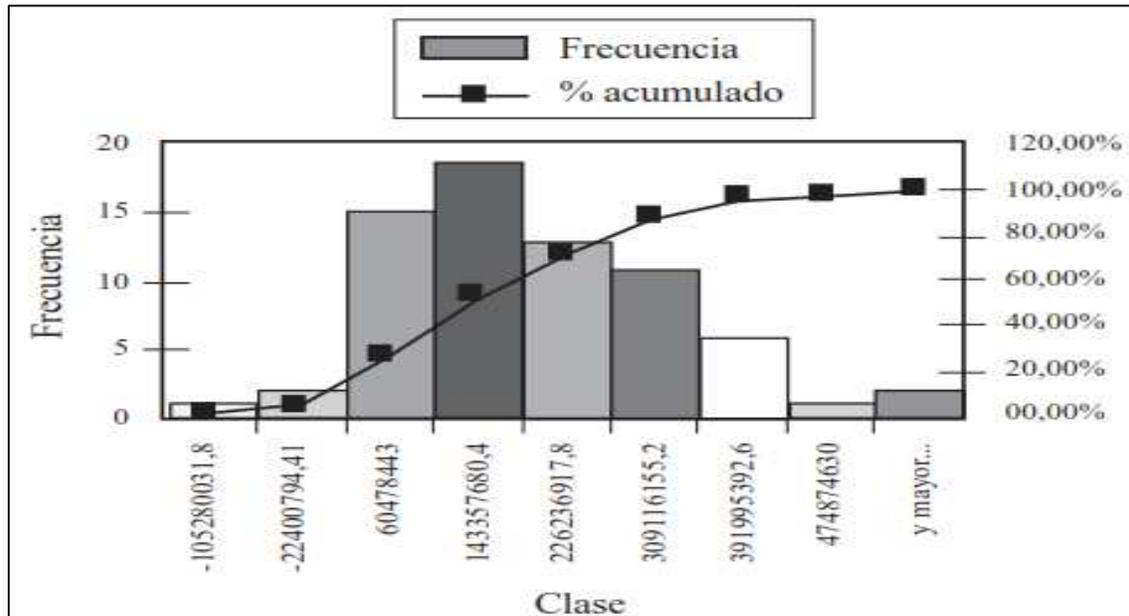


Figura 18. Ejemplo de histograma resultante.

Fuente: Aplicación de la Simulación Montecarlo en el cálculo de riesgo usando Excel.

Dentro del contexto general de los procesos de simulación que acaba de ser expuesto, los métodos calificados de "Monte Carlo" inciden en la última fase del esquema general de los experimentos de simulación, constituyendo unos métodos de estimación bastante potentes de parámetros de interés del sistema real. Para llevar a cabo esa estimación el método de Monte Carlo explota ampliamente la analogía entre probabilidad y volumen. La Estadística Matemática formaliza la noción intuitiva de probabilidad de un suceso identificándola con su volumen o medida relativa en relación con el del universo de posibles resultados de un experimento aleatorio. El método de Monte Carlo utiliza esa identificación en la dirección opuesta, es decir calculando el "volumen" de un conjunto e interpretando dicho volumen como una probabilidad. En el caso más simple eso significa llevar

acabo un muestreo aleatorio del universo de resultados posibles, hacer el recuento de los resultados que pertenecen a un determinado conjunto, calcular la fracción de los resultados pertenecientes a dicho conjunto con respecto al número total de resultados generados, y tomar dicha fracción como una estimación del volumen de dicho conjunto. López A. Juan Carlos, (2008).

Diagrama de Pareto

Los problemas de calidad se presentan como pérdidas (productos defectuosos y su costo). Es muy importante aclarar el patrón de la distribución de la pérdida. La mayoría de las pérdidas se deberán a unos pocos tipos de defectos, y estos defectos pueden atribuirse a un número muy pequeño de causas. Si se identifican las causas de estos pocos defectos vitales, podremos eliminar casi todas las pérdidas, concentrándonos en esas causas particulares y dejando de lado por el momento otros muchos defectos triviales. El uso de diagrama de Pareto permite solucionar este tipo de problema con eficiencia.

En 1897, el economista italiano V. Pareto presentó una fórmula que mostraba que la distribución del ingreso es desigual, en 1907, el economista norteamericano M. C Lorenz expresó una teoría similar por medio de diagramas. Estos dos estudiosos indicaron que una proporción muy grande del ingreso está en manos de muy pocas personas.

Diagramas de Pareto de fenómenos

Este es un diagrama en el cual se relacionan los resultados indeseables, como los que se presentan a continuación, y se utiliza para averiguar cuál es el principal problema.

- a) **Calidad:** Defectos, faltas, fracasos, quejas, ítems devueltos, reparaciones
- b) **Costo:** Magnitud de las pérdidas, gastos.
- c) **Entrega:** Escasez de inventarios, demoras en los pagos, demoras en la entrega.
- d) **Seguridad:** Accidentes, errores, interrupciones.

Diagramas de Pareto de causas

Este es un diagrama en el cual se relacionan los resultados indeseables, como los que presentan a continuación, y se utiliza para averiguar cuál es el principal problema.

- a) **Operario:** Turno, grupo, edad, experiencia, destreza.
- b) **Maquina:** Maquinas, equipos, herramientas, organizaciones, modelos, instrumentos.
- c) **Materia prima:** Productor, planta, lote, clase.
- d) **Método operacional:** Condiciones, órdenes, disposiciones, métodos.

Notas sobre los diagramas de Pareto

1. Pruebe varias clasificaciones y construya muchas clases de diagramas de Pareto. Usted podrá captar la esencia de un problema observándolo desde varios ángulos; es necesario tratar de encontrar varios métodos de clasificación

hasta que identifique los pocos vitales, lo cual constituye el propósito del análisis de Pareto.

2. No es conveniente que “otros” represente un porcentaje de los más altos. Si esto sucede, se debe a que los ítems para la investigación no se han clasificado apropiadamente y demasiados ítems caen en ésta categoría. En este caso, debe considerarse un método diferente de clasificación.
3. Si los datos se pueden representar en valores monetarios, lo mejor es dibujar diagramas de Pareto que muestren esto en el eje vertical. Si no se aprecian adecuadamente las implicaciones financieras de un problema, la investigación puede resultar ineficaz. En la administración, los costos constituyen una importante escala de medición. Kume, Hitoshi (2002).

Diagrama de Pareto en Microsoft Excel

En la red se puede encontrar muchas maneras de realizar un diagrama de Pareto, y es más ágil su realización si se utilizan herramientas tecnológicas como Microsoft Excel, en el tema de la calidad éste diagrama es una representación gráfica de los datos obtenidos de un problema que resulta de utilidad para identificar cuáles son los aspectos prioritarios que se deben enfrentar. En este contexto se espera el cumplimiento de la Regla de Pareto que empíricamente el 80% de los problemas se explica por aproximadamente el 20% de las causas.

A continuación se muestra un ejemplo de diagrama de Pareto de identificación de causas, dentro de un proceso de manufactura de computadores donde se lleva registro de todas las causas que generan un rechazo en el control de calidad durante el horizonte de evaluación.

	N° Defectos	N° Defectos Acum.	% Total	% Total Acum.
Causa 1	182	182	51,27%	51,27%
Causa 2	103	285	29,01%	80,28%
Causa 3	14	299	3,94%	84,23%
Causa 4	11	310	3,10%	87,32%
Causa 5	10	320	2,82%	90,14%
Causa 6	9	329	2,54%	92,68%
Causa 7	8	337	2,25%	94,93%
Causa 8	7	344	1,97%	96,90%
Causa 9	6	350	1,69%	98,59%
Causa 10	5	355	1,41%	100,00%

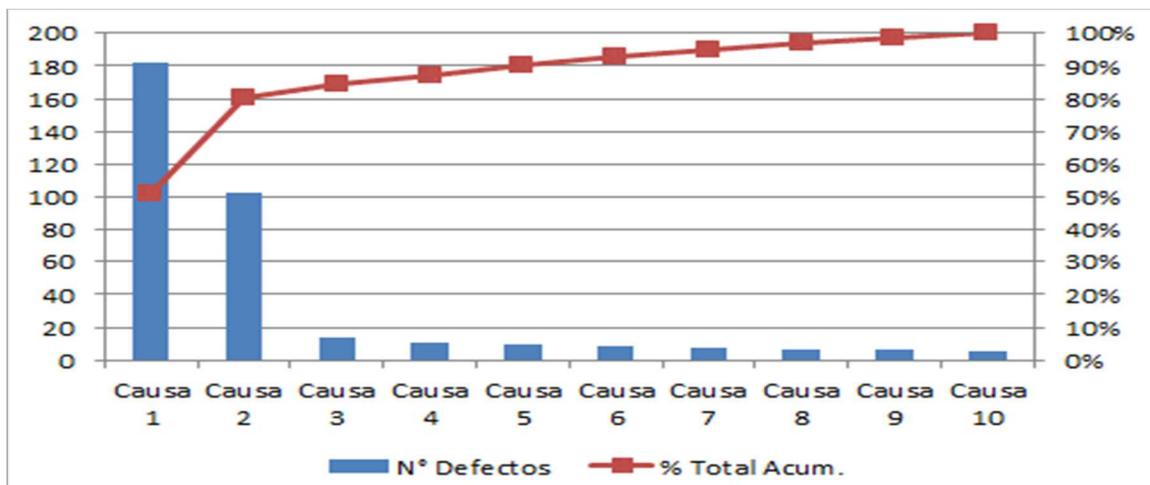


Figura 19. Ejemplo de diagrama de Pareto de Causas.

Fuente: Internet

En la figura anterior se puede apreciar que la causa 1 ha representado un total de 182 defectos (de un total de 355 defectos detectados), lo que corresponde a un 51.27% del total ($182/355 = 0.5127$). Notar que en conjunto la causa 1 y 2 representan un 80.28% del total, lo cual se aproxima de forma cercana al cumplimiento de la regla empírica de Pareto.

<http://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/como-hacer-un-diagrama-de-pareto-con-excel-2010/> (Abril, 2017)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

En este capítulo se aborda y se describe el tipo de investigación, el objeto bajo estudio, las variables dependientes, independientes y, las herramientas y técnicas involucradas en la investigación. Por último se enumeran y establecen las etapas o procedimiento a seguir para desarrollar adecuadamente la metodología que devolverá los resultados.

Objeto bajo estudio

El objeto de estudio de la presente investigación son los proyectos de remodelación y ampliación que desarrolla el departamento de obras del Instituto Tecnológico de Sonora, con el objetivo de reducir los sobrecostos y desfases en tiempo.

Herramientas

Las herramientas a utilizar para este estudio son las llamadas herramientas tecnológicas ya que se utilizará el software Microsoft Excel 2013 para agilizar los cálculos de iteraciones y graficar diagramas que muestren de manera significativa los índices de variación de riesgos. Para alimentar este software se considera también un instrumento que consiste en enlistar cualitativamente 28 causas identificadas por algunos expertos en el tema quienes validarán su uso y aplicación como apoyo para realizar el análisis de la ingeniería de riesgos.

Es evidente que en estos temas se aborden tanto los puntos de vista de dichos expertos como en las metodologías establecidas que han sido utilizadas en otros trabajos dirigidos hacia la administración e ingeniería de riesgos, por ello, se presentan a continuación los métodos que se consideran bastante sustanciosos para apoyar la investigación.

Procedimiento

1. Enlistar cualitativamente las causas o elementos obtenidos de la herramienta anteriormente descrita en cada categoría. Para esto, como se mencionó, se aplicó el instrumento de identificación de 28 causas de las 7m's a los involucrados en el proceso de presupuestación, administración y licitación de obras, así como a expertos en riesgos del Instituto, enseguida se plasmaron.

2. Determinar cuantitativamente el grado de control que se pondera sobre cada elemento al que se le nombra índice de variación. PMBOOK (2013)
3. Evaluar por medio de la simulación Montecarlo los elementos generados para estimar los riesgos. Azofeifa, Carlos E. (2002)
4. Priorizar los elementos según los resultados, por medio del diagrama de Pareto. Kume, Hltoshi (2002)
5. Procesar los resultados por medio de análisis estadísticos, desarrollando gráficas para determinar la relación que tienen las variables independientes de las dependientes.
6. Proponer las mejoras y recomendaciones adecuadas y necesarias para minimizar los desfases en tiempo y costo en la ejecución de los proyectos del departamento de obras del Instituto Tecnológico de Sonora.

Variables

✓ *Variables independientes*

Estas variables se obtendrán de una metodología de administración de riesgos por medio de la identificación de ellos a través de la aplicación de la técnica lluvia de ideas, la cual se escogió debido a que se considera adecuada generando colectivamente ideas sobre cuáles son las causas posibles de riesgos que provocan desfases en costo y tiempo en los proyectos en la etapa de presupuestación para posteriormente buscar la

forma o las técnicas que minimizarán dichas causas. Se enlistan a continuación las causas detectadas y consideradas más importantes de posibles riesgos categorizadas de acuerdo a las 7m's las cuales se obtienen por medio de una herramienta de entrevista (anexo 1) al área de analistas de costos y encargados administrativos del departamento de obras:

CATEGORIAS	CAUSAS
MATERIALES	Causa 1
	Causa 2
	Causa 3
	Causa n...
MANO DE OBRA	
MAQUINARIA /HERRAMIENTAS	
METODOS / PROCESO	
MEDIO AMBIENTE	
MEDICIÓN	

MANAGEMENT (ADMINISTRACIÓN)	

✓ *Variables dependientes*

- Índice de riesgo
- % de desfase en costo
- % de desfase en tiempo
- % de Sobrecosto

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se describen los resultados que se obtienen de las simulaciones elaboradas en el modelo para las variables definidas cualitativamente, para ello se lleva a cabo el procedimiento descrito en la metodología.

1. Se enlistaron las causas cualitativas recabadas por medio de lluvia de ideas aplicando la herramienta de identificación a los expertos en el proceso de presupuestación del departamento de obras (Anexo 1) de éste anexo se obtuvo un resumen consultado con los involucrados obteniendo lo siguiente:

Tabla 1. Elementos para obtención de índice de riesgos en desfases de costo y tiempo

Categoría		Elementos
Materiales	1	Disposición de materiales especiales
	2	Existencia o stock
	3	Grado de calidad
	4	Exposición considerable a la inflación
Mano de Obra	5	Grado de calificación
	6	Rotación de personal
	7	Sitio de la obra
	8	Grado de Experiencia
Maquinaria/ herramientas	9	Uso apropiado
	10	Disponibilidad de equipo
	11	Mantenimiento
	12	Costo horario impactado por fluctuaciones
Método/procesos	13	Grado de planeación
	14	Grado de cobertura de presupuesto
	15	Grado de documentación en el proceso
	16	Tipo de método constructivo
Medio Ambiente	17	Control de residuos
	18	Lluvias excesivas
	19	Grado de control en condiciones de obra
	20	Robos o vandalismo
Medición	21	Calidad de supervisión
	22	Experiencia de la supervisión
	23	Pruebas de laboratorio
	24	Costo y tiempo programados
Management (administración)	25	Grado de administración de procesos
	26	SGC
	27	Políticas del instituto
	28	Grado de responsabilidad y compromiso

2. Se procedió a determinar cuantitativamente el grado de control que se pondera sobre cada elemento al que se le nombra índice de variación. Del anexo 2 se resume lo siguiente:

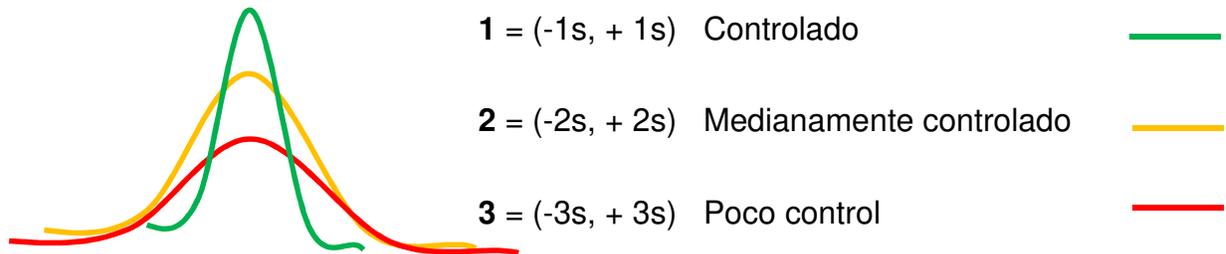


Tabla 2. Resumen de ponderación de grados de control de los elementos en el desfase de costo.

Categoría		Elementos	Índice de variación
Materiales	1	Disposición de materiales especiales	2
	2	Existencia o stock	2
	3	Grado de calidad	2
	4	Exposición considerable a la inflación	2
Mano de Obra	5	Grado de calificación	3
	6	Rotación de personal	3
	7	Sitio de la obra	2
	8	Grado de Experiencia	3
Maquinaria/ herramientas	9	Uso apropiado	2
	10	Disponibilidad de equipo	2
	11	Mantenimiento	2
	12	Costo horario impactado por fluctuaciones	3
Método/procesos	13	Grado de planeación	2
	14	Grado de cobertura de presupuesto	2
	15	Grado de documentación en el proceso	1
	16	Tipo de método constructivo	2
Medio Ambiente	17	Control de residuos	3
	18	Lluvias excesivas	3
	19	Grado de control en condiciones de obra	2
	20	Robos o vandalismo	3
Medición	21	Calidad de supervisión	2
	22	Experiencia de la supervisión	2
	23	Pruebas de laboratorio	2
	24	Costo y tiempo programados	2
Management (administración)	25	Grado de administración de procesos	3
	26	SGC	3
	27	Políticas del instituto	3
	28	Grado de responsabilidad y compromiso	2

Tabla 3. Resumen de ponderación de grados de control de los elementos en el desfase de tiempo.

Categoría		Elementos	Índice de variación
Materiales	1	Disposición de materiales especiales	2
	2	Existencia o stock	2
	3	Grado de calidad	2
	4	Exposición considerable a la inflación	3
Mano de Obra	5	Grado de calificación	3
	6	Rotación de personal	3
	7	Sitio de la obra	2
	8	Grado de Experiencia	2
Maquinaria/ herramientas	9	Uso apropiado	3
	10	Disponibilidad de equipo	2
	11	Mantenimiento	3
	12	Costo horario impactado por fluctuaciones	3
Método/procesos	13	Grado de planeación	2
	14	Grado de cobertura de presupuesto	2
	15	Grado de documentación en el proceso	2
	16	Tipo de método constructivo	2
Medio Ambiente	17	Control de residuos	2
	18	Lluvias excesivas	3
	19	Grado de control en condiciones de obra	2
	20	Robos o vandalismo	3
Medición	21	Calidad de supervisión	3
	22	Experiencia de la supervisión	3
	23	Pruebas de laboratorio	2
	24	Costo y tiempo programados	2
Management (administración)	25	Grado de administración de procesos	2
	26	SGC	3
	27	Políticas del instituto	2
	28	Grado de responsabilidad y compromiso	2

3. Se evaluaron por medio de la simulación Montecarlo los elementos generados para estimar el índice de riesgos. Se muestran los resultados en la siguiente tabla considerando el porcentaje tanto del desfase en costo como en tiempo de acuerdo al anexo 3.

Tabla 4. Resultado de la simulación para cálculo de índice de riesgo en desfase en costo. Fuente: López (2013)

DATOS GENERALES DEL PROYECTO

Empresa: **ITSON**
 No. Obras: **Todas**
 Prototipo: **Obras remodelación**

% desfase en costo promedio:



1= $(-1\sigma, +1\sigma)$
 2= $(-2\sigma, +2\sigma)$
 3= $(-3\sigma, +3\sigma)$

INDICE DE RIESGO EN DESFASES DE COSTO

No. De Variables a analizar: **28**
 Num max. Iteraciones: **2000**
 Iteraciones=: **2000**

Valor de: **[0, 1]**



Categoría	Elementos	Índice de variación	Grado de cumplimiento			Varianza s ²	Desv Estandar s=(b-a)/6	Simulación Montecarlo	Prom Categoría	Distribución de Frecuencias	Frecuencia Promedio	Frecuencia promedio por categoría	Índice de riesgo	
			Valor Pesimista a	Valor Promedio m	Valor Optimista b									
Materiales	Disposición de materiales especiales	2	0.20	0.80	1.00	0.13	0.37	12	8.3		8.10	8.1	0.99	
	Existencia o stock	2	0.20	0.80	1.00	0.13	0.37	8						7.88
	Grado de calidad	2	0.20	0.80	1.00	0.13	0.37	3						8.28
	Exposición considerable a la inflación	2	0.20	0.80	1.00	0.13	0.37	10						8.01
Mano de Obra	Grado de Calificación	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	1	5.8		4.78	5.7	1.47	
	Rotacion de personal	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	8						5.06
	Sitio de la obra	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	6						7.89
	Grado de Experiencia	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	8						5.07
Maquinaria/herramientas	Uso apropiado	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	9	8.3		8.27	7.3	0.97	
	Disponibilidad de equipo	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	13						8.16
	Mantenimiento	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	10						7.77
	Costo horario impactado por fluctuaciones	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	1						5.10
Método/procesos	Grado de planeación	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	4	9.5		7.87	8.5	1.02	
	Grado de cobertura de presupuesto	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	8						8.24
	Grado de documentación en el proceso	1	0.60	0.90	1.00	0.00	0.07	14						9.78
	Tipo de método constructivo	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	12						7.98
Medio Ambiente	Control de residuos	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	6	5.5		5.12	5.8	1.37	
	Lluvias excesivas	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	7						5.49
	Grado de control en condiciones de obra	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	4						7.66
	Robos o vandalismo	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	5						4.84
Medición	Calidad de supervisión	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	13	8.8		7.98	8.0	1.00	
	Experiencia de la supervisión	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	5						8.36
	Pruebas de laboratorio	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	12						7.94
	Costo y tiempo programados	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	5						7.87
Management (administración)	Grado de administración de procesos	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	10	5.0		4.83	5.8	1.45	
	SGC	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	3						5.07
	Políticas del instituto	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	3						5.22
	Grado de responsabilidad y compromiso	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	4						8.16

Probabilidad	Impacto de Riesgo					
	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	
0.9	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72	
0.7	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56	
0.5	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
0.3	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24	
0.1	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08	

7.03
Índice de riesgo: 0.13
Probabilidad de ocurrencia: 0.90
Impacto del riesgo: 0.12
% de desfase en costo: -3.9%

Tabla 5. Resultado de la simulación para cálculo de índice de riesgo en desfase en tiempo.

Fuente: López (2013)

DATOS GENERALES DEL PROYECTO

Empresa: ITSON
 No. Obras: Todas
 Prototipo: Obras remodelación

% desfase en tiempo promedio: 50.0%

Frecuencias del Índice de Impacto Global

INDICE DE RIESGO EN DESFASES DE TIEMPO

No. De Variables a analizar: 28
 Num max. Iteraciones: 2000
 Iteraciones= 2000

Valorar de: [0, 1]

1= $(-1\sigma, +1\sigma)$
 2= $(-2\sigma, +2\sigma)$
 3= $(-3\sigma, +3\sigma)$

Iniciar Simulación

Categoría	Elementos	Indice de variación	Grado de cumplimiento			Varianza s ²	Desv Estandar s=(b-a)/6	Simulación Montecarlo	Prom Categoría	Distribución de Frecuencias	Frecuencia Promedio	Frecuencia promedio por categoría	Indice de riesgo
			Valor Pesimista a	Valor Promedio m	Valor Optimista b								
Materiales	Disposición de materiales especiales	2	0.20	0.80	1.00	0.13	0.37	9	8.0	8.40	7.3	0.95	
	Existencia o stock	2	0.20	0.80	1.00	0.13	0.37	6					
	Grado de calidad	2	0.20	0.80	1.00	0.13	0.37	8					
	Exposición considerable a la inflación	3	0.00	0.70	1.00	0.17	0.41	9					
Mano de Obra	Grado de Calificación	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	6	6.0	4.94	6.5	1.42	
	Rotación de personal	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	6					
	Sitio de la obra	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	8					
	Grado de Experiencia	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	4					
Maquinaria/herramientas	Uso apropiado	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	7	7.8	5.15	5.8	1.36	
	Disponibilidad de equipo	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	8					
	Mantenimiento	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	10					
	Costo horario impactado por fluctuaciones	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	6					
Método/procesos	Grado de planeación	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	3	8.0	8.33	8.1	0.96	
	Grado de cobertura de presupuesto	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	11					
	Grado de documentación en el proceso	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	7					
	Tipo de método constructivo	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	11					
Medio Ambiente	Control de residuos	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	11	10.3	8.20	6.6	0.98	
	Lluvias excesivas	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	10					
	Grado de control en condiciones de obra	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	12					
	Robos o vandalismo	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	8					
Medición	Calidad de supervisión	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	4	5.8	5.14	6.5	1.36	
	Experiencia de la supervisión	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	8					
	Pruebas de laboratorio	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	4					
	Costo y tiempo programados	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	7					
Management (administración)	Grado de administración de procesos	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	9	6.0	7.89	7.3	1.01	
	SGC	3	0.00	0.70	1.00	0.03	0.17	1					
	Políticas del instituto	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	3					
	Grado de responsabilidad y compromiso	2	0.20	0.80	1.00	0.02	0.13	11					

Impacto de Riesgo

		0.05	0.1	0.2	0.4	0.8
Probabilidad	0.9	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72
	0.7	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56
	0.5	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4
	0.3	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24
	0.1	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08

Indice de riesgo: 0.15
 Probabilidad de ocurrencia: 0.90
 Impacto del riesgo: 0.14
 % desfase en tiempo: 57.0%

4. De los elementos descritos en la las tablas 4 y 5 se identifican el 20% de las causas que impactan en el 80% de los efectos o porcentajes de incidencia según el principio de Pareto, y se priorizan en la tabla 6 y 7 tanto para el desfase de costo como en el tiempo.

Tabla 6. Priorización de elementos por el % de incidencia en desfase en costo.

Fuente: Elaboración propia

Categoría	Elemento ordenado según % incidencia	No. Causa	Indice riesgo ordenado mayor a menor	% Incidencia	% Incidencia acum
Mano de obra	Grado de Calificación	5	1.47	4.62%	4.62%
Management	Grado de administración de procesos	25	1.45	4.56%	9.18%
Medio ambiente	Robos o vandalismo	20	1.45	4.56%	13.74%
Mano de obra	Rotacion de personal	6	1.38	4.36%	18.10%
Mano de obra	Grado de Experiencia	8	1.38	4.35%	22.45%
Management	SGC	26	1.38	4.35%	26.80%
Maquinaria	Costo horario impactado por fluctuaciones	12	1.37	4.33%	31.12%
Medio ambiente	Control de residuos	17	1.37	4.31%	35.43%
Management	Políticas del instituto	27	1.34	4.23%	39.66%
Medio ambiente	Lluvias excesivas	18	1.28	4.02%	43.68%
Medio ambiente	Grado de control en condiciones de obra	19	1.05	3.29%	46.97%
Maquinaria	Mantenimiento	11	1.03	3.24%	50.21%
Medición	Costo y tiempo programados	24	1.02	3.20%	53.42%
Método	Grado de planeación	13	1.02	3.20%	56.62%
Materiales	Existencia o stock	2	1.02	3.20%	59.81%
Mano de obra	Sitio de la obra	7	1.01	3.19%	63.01%
Medición	Pruebas de laboratorio	23	1.01	3.18%	66.18%
Medición	Calidad de supervisión	21	1.00	3.16%	69.34%
Método	Tipo de método constructivo	16	1.00	3.16%	72.50%
Materiales	Exposición considerable a la inflación	4	1.00	3.15%	75.65%
Materiales	Disposición de materiales especiales	1	0.99	3.11%	78.76%
Management	Grado de responsabilidad y compromiso	28	0.98	3.09%	81.85%
Maquinaria	Disponibilidad de equipo	10	0.98	3.09%	84.94%
Método	Grado de cobertura de presupuesto	14	0.97	3.06%	87.99%
Maquinaria	Uso apropiado	9	0.97	3.05%	91.04%
Materiales	Grado de calidad	3	0.97	3.04%	94.08%
Medición	Experiencia de la supervisión	22	0.96	3.02%	97.10%
Método	Grado de documentación en el proceso	15	0.92	2.90%	100.00%

Tabla 7. Priorización de elementos por el % de incidencia en desfase en tiempo.

Fuente: Elaboración propia

Categoría	Elemento ordenado según % incidencia	No. Causa	Indice riesgo ordenado mayor a menor	% Incidencia	% Incidencia acum
Materiales	Exposición considerable a la inflación	4	1.53	4.73%	4.73%
Mano de obra	Rotación de personal	6	1.48	4.59%	9.32%
Medición	Experiencia de la supervisión	22	1.44	4.45%	13.76%
Maquinaria	Costo horario impactado por fluctuaciones	12	1.43	4.42%	18.18%
Mano de obra	Grado de Calificación	5	1.42	4.38%	22.57%
Management	SGC	26	1.40	4.32%	26.89%
Medio ambiente	Robos o vandalismo	20	1.40	4.32%	31.20%
Medio ambiente	Lluvias excesivas	18	1.37	4.24%	35.44%
Medición	Calidad de supervisión	21	1.36	4.22%	39.66%
Maquinaria	Uso apropiado	9	1.36	4.20%	43.86%
Maquinaria	Mantenimiento	11	1.33	4.12%	47.98%
Medición	Costo y tiempo programados	24	1.04	3.20%	51.18%
Management	Grado de administración de procesos	25	1.01	3.14%	54.32%
Método	Grado de cobertura de presupuesto	14	1.01	3.13%	57.45%
Medio ambiente	Grado de control en condiciones de obra	19	1.01	3.11%	60.57%
Management	Políticas del instituto	27	1.00	3.11%	63.67%
Método	Grado de documentación en el proceso	15	1.00	3.10%	66.77%
Materiales	Existencia o stock	2	1.00	3.08%	69.85%
Maquinaria	Disponibilidad de equipo	10	0.99	3.07%	72.93%
Mano de obra	Sitio de la obra	7	0.99	3.06%	75.98%
Método	Tipo de método constructivo	16	0.99	3.05%	79.03%
Materiales	Grado de calidad	3	0.98	3.05%	82.08%
Medición	Pruebas de laboratorio	23	0.98	3.03%	85.11%
Medio ambiente	Control de residuos	17	0.98	3.02%	88.13%
Management	Grado de responsabilidad y compromiso	28	0.97	3.00%	91.14%
Método	Grado de planeación	13	0.96	2.97%	94.11%
Materiales	Disposición de materiales especiales	1	0.95	2.95%	97.06%
Mano de obra	Grado de Experiencia	8	0.95	2.94%	100.00%

- Se procesaron los resultados por medio de análisis estadísticos, desarrollando gráficas de las tablas 6 y 7 para determinar la relación que tienen las variables independientes de las dependientes.

Figura 20. Gráfica de diagrama de Pareto para el desfase en costo.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 21. Gráfica de diagrama de Pareto para el desfase en tiempo.

Fuente: Elaboración propia.



6. Por último se propusieron las mejoras y recomendaciones que se consideraron adecuadas y necesarias para minimizar los desfases en tiempo y costo.

Para el desfase de tiempo se presentan las siguientes estrategias para mitigar, reducir o eliminar los riesgos de los siguientes elementos y se asigna el responsable de su implementación:

Tabla 8. Propuesta de mejoras y estrategias de reducción de riesgos para el tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

Categoría	Elemento	Estrategia	Responsable
Materiales	Exposición considerable a la inflación.	Agregar un porcentaje del programa total para sufragar variaciones económicas del país y esto no genere atrasos en la ejecución.	Analista de costos
		Evitar en la manera de lo posible solicitar materiales del extranjero.	Proyectista
Mano de obra	Rotación de personal	Carta compromiso donde se garantice la continuidad de la mano de obra.	Contratista
		Elaborar un instructivo práctico que dicte la forma correcta de ejecutar y el cuidado de los trabajos. ¿Cómo de hace?, ¿Cómo no se debe hacer?	Supervisor de obras
Materiales	Experiencia de la supervisión	Asignar el supervisor a las obras de acuerdo a la experiencia, según sea el costo y tamaño de la obra.	Jefe del departamento de obras
		Cursos de actualización para certificación de la supervisión del Itson.	Jefe del departamento de obras
		Apoyo en un sistema de control como puede ser BIM (Building Information Modeling), también llamado modelado de información para la edificación, el cual es un proceso de generación y gestión de datos de un edificio durante su ciclo de vida utilizando software dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones y en tiempo real.	Encargado administrativo de obras
Maquinaria	Costo horario impactado por fluctuaciones	En los trabajos especializados donde se requiera maquinaria pesada considerar un porcentaje adicional de tiempo para los conceptos involucrados para que no impacten en el tiempo de ejecución de los mismos.	Analista de costos

También para el desfase de costo se presentan las siguientes estrategias para mitigar, reducir o eliminar los riesgos de los siguientes elementos y se asigna el responsable de su implementación:

Tabla 9. Propuesta de mejoras y estrategias de reducción de riesgos para el costo.

Fuente: Elaboración propia.

Categoría	Elemento	Estrategia	Responsable
Mano de obra	Grado de calificación	Solicitar certificado de calificación del personal en trabajos especializados.	Analista de costos
		Solicitar constancia de entrenamiento en equipo de seguridad del trabajador.	Contratista
Management	Grado de administración de procesos	Realizar un mejor y variado mercadeo al analizar precios unitarios	Analista de costos
		Acotar y controlar los procedimientos de elaboración de presupuestos bases para hacerlos mas ágiles.	Analista de costos
Medio ambiente	Robos y vandalismo	Incluir en porcentaje de indirectos el pago de velador de seguridad y bodega, dando seguimiento con la supervisión.	Analista de costos
		Manejo de bodega adecuado y bodegas móviles para subcontratistas tipo jaula	Contratista
Mano de obra	Rotación de personal	Carta compromiso donde se garantice la continuidad del precio de la mano de obra.	Contratista
		Establecer mínimos criterios de aceptación y rechazo de cada trabajo especializado antes de iniciarlos.	Supervisor de obras

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este último capítulo se exhiben las principales conclusiones obtenidas y recomendaciones que se creen pertinentes a partir de los que ha sido desarrollado en el presente trabajo.

Conclusiones

El presente trabajo es una aplicación de una metodología basada principalmente en el PM BOOK donde se llevó a cabo la ejecución de un análisis de riesgos, apoyándose en el juicio de expertos, quienes después de identificar las causas cualitativas y asignar la ponderación considerada adecuada según el control sobre cada una, se realizó la simulación Montecarlo de donde se obtuvieron resultados favorables para la reducción del desfase en costo y desfavorables para el desfase en tiempo, es decir, que con el grado de control que se tiene actualmente sobre los elementos analizados solo se puede minimizar el riesgo en el costo.

El desfase en costo según los indicadores del departamento de obras del año 2014 al 2016 se mostraba con un -3.5% (ahorro) y con la aplicación de la ingeniería de riesgos se logra un -3.9% (mejor ahorro). Sin embargo, revisando los indicadores de tiempo se presentaron un 50% de retraso en la entrega de las obras y después del análisis se obtuvo un 57%, esto debido a que se tiene relativamente poco grado de control en las variables. Posteriormente a este resultado, se utilizó una herramienta desarrollada según el principio de Pareto que fue de gran utilidad y apoyo para así identificar los elementos o causas principales que en mayor parte provocan los desfases y sobre las cuales había que enfocar las mejoras y recomendaciones. Las causas que están produciendo este rezago son: Mano de obra (grado de calificación y rotación de personal); Materiales (Exposición considerable a la inflación y experiencia de la supervisión); Maquinaria (Costo horario impactado por fluctuaciones); Management (grado de administración de procesos); y por último Medio ambiente (Robos y vandalismo).

Se pueden observar en las tablas 8 y 9 las propuestas de mejora donde a las causas ahí descritas se le implementarán estrategias adecuadas con el fin de que su grado de control sea mayor y estas causas dejen de ser un riesgo para

los desfases de costo y tiempo. Por consecuencia se estudiarán otras causas que se hayan convertido en las primeras en la fila y así sucesivamente, alcanzando un proceso de mejora continua.

De acuerdo a la hipótesis planteada se culmina estableciendo que se redujo significativamente el desfase en costo y tiempo de los proyectos de remodelación del departamento de obras del ITSON.

Recomendaciones

Desarrollar los procesos de mejora para el resto de las variables que no fueron prioritarias en éste análisis, pero que van a aparecer y tener documentadas todas las propuestas.

Involucrar a los altos mandos en la identificación de variables que impacten en el proceso de presupuestación llevando a cabo un análisis exhaustivo a niveles directivos.

Asignar como auxiliar de la supervisión a los integrantes del área de presupuestación para la validación y la adquisición de experiencia en campo.

Se recomienda aplicar esta metodología a las demás etapas de construcción como lo son Proyecto y Supervisión.

Marco referencial

Azofeifa, Carlos E. (2002), Aplicación de la Simulación de Montecarlo en el cálculo del riesgo usando Excel, Artículo: Tecnología en marcha, Costa Rica.

Abstract:

Chapra Steven C, Canale, Raymond P, Sarmiento Ortega, Sergio M, Flores, Godoy, José Job, Muñoz Díaz Enrique, (2011) Métodos numéricos para Ingenieros, 6ta edición. México, D.F., Editorial Mc Graw Hill.

Chase Richard B, (2009), Administración de operaciones, Mexico, D.F, 12va edición, editorial McGrawHill.

Cuevas Francisco, (2002) Control de costos y gastos en los restaurantes, 1ra edición. México, D.F, Limusa Noriega editores.

Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (*guía del PMBOOK®*) -- Quinta edición, www.PMI.org, 2013.

Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos, Baptista Lucio Pilar, (2007), Metodología de la investigación, 4ta edición, México D.F. Editorial Mc Graw Hill.

Kume, Hitoshi (2002), Statistical methods for quality improvement, traducción Eloisa Vasco, Bogotá, editorial Norma, 2002.

Lopez Agui Juan Carlos, (2008). Guía básica para la simulación de Montecarlo, 1ra edición, Madrid, España, Aenor Ediciones.

López López, Dagoberto, (2013). Tesis de Maestría: “Metodología para la minimización de daños en vivienda producidos por fisuramiento a través de ingeniería de riesgos”, Instituto Tecnológico de Sonora.

Muñiz Luis, (2009). Control presupuestario: planificación, elaboración y seguimiento del presupuesto, 1ra edición, Barcelona, España, Profit editorial.

Patiño Ortiz, Gonzalo, (2007). Planeamiento de un presupuesto de construcción, 1ra edición, Facultad de artes.

Pulido Sosa Juan, (2006). Administración por calidad. Un modelo de calidad, 1ra edición, Mexico D.F, Limusa Editores Noriega.

Sanchez García, Humberto D. (2011), Tesis de maestría “Análisis y cuantificación del riesgo de sobre costo en la etapa de construcción de los proyectos”, México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México.

Torres Zacarias, (2014). Administración de proyectos Un modelo de calidad, 1ra edición, Mexico, Grupo editorial patria.

Vanegas Manuel, (2007), Ob. Cit, articulo de la pagina <http://mailmax.com/curso/empresa/las7m>. Del 29 de Agosto de 2007.

Ward Stephan, (1999). "Requirements for an Effective Project Risk Management Process", Journal Project Management, vol. 3.

Zorrilla, Z Juan Pablo (2004), La administración de los riesgos, México, 2004.

www.itson.mx/Universidad/Paginas/doa.aspx (Consultado del 13 febrero de 2017)

<http://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/como-hacer-un-diagrama-de-pareto-con-excel-2010/> (Abril, 2017)

Anexo 1. Resumen de montos y tiempos de ejecución de obras de ampliación y remodelación desde el año 2014 al 2016, administradas por el departamento de obras del Instituto Tecnológico de Sonora.

Experto:
Ing. Adriana Ortega Garcia (Analista de costos)

Categoría	Elementos	Control
Materiales	Inflacion Disponibilidad nacional Tiempos de Entrega	
Mano de Obra	Especialidad Seguridad en altura - -	
Maquinaria/ herramientas	Operadores especializados Disponibilidad de equipo - -	
Métodos/proces	- - - -	
Medio Ambiente	Lluvias - - -	
Medición	- - - -	
Management (administración)	- - - -	

Experto: Ing. Sara Ruth Carmona Ibarra (Analista de costos)

Categoría	Elementos	Control
Materiales	Falta de especificaciones Existencia o stock - -	
Mano de Obra	Grado de Calificación Rotacion de personal No capacitada	
Maquinaria/ herramientas	Falta de herramienta En mal estado -	
Métodos/proces	Procedimiento diferente al contratado - - -	
Medio Ambiente	Afectacion al medio - - -	
Medición	Desconocimiento de importe extra - - -	
Management (administración)	Falta de comunicación otras areas - - -	

Experto:
Ing. Olivia Cornejo Lomeli (Analista de costos)

Categoría	Elementos	Control
Materiales	Precios en moneda extranjera Descontinuacion de venta Cambio de precio unitario por otro Tiempo de entrega	
Mano de Obra	Falta de personal Mano de obra especializada Horario incumplido de trabajadores -	
Maquinaria/ herramientas	Descomposicion durante obra Tiempo de traslado a la obra Falta de personal capacitado -	
Métodos/proces	Cambio de especificacion de concepto - - -	
Medio Ambiente	Lluvias Falta de consideracion de accidentes - -	
Medición	- - - -	
Management (administración)	Poco tiempo en el programa obra No involucrarse desde etapa proyecto Políticas del instituto Grado de responsabilidad y compomiso	

Experto: Ing. Melissa Fraijo Valenzuela (Analista de costos)

Categoría	Elementos	Control
Materiales	Disposicion de materiales Tiempo de entrega Fletes extras Exposicion a la inflación	
Mano de Obra	Disponibilidad Vicios ocultos Simpatía Calidad	
Maquinaria/ herramientas	Disponibilidad de renta Operadores capacitados Mantenimiento -	
Métodos/proces	- - - -	
Medio Ambiente	FSR afectado por lluvias y vacaciones Clima en malas condiciones - -	
Medición	- - - -	
Management (administración)	Capacidad real para definir tiempos Incluir conceptos involucren seguridad - -	

Anexo 2. Ponderación de grados de control o índice de variación realizado por los involucrados del departamento de obras, tanto para el desfase en costo como en tiempo.

DESFASES EN COSTO

Experto:

Ing. Adriana Ortega Garcia (Analista de costos)

Categoría	Elementos DESFASE EN COSTO	Indice de variación
Materiales	Disposicion de materiales especiales	2
	Existencia o stock	2
	Grado de calidad	1
	Exposicion considerable a la inflación	1
Mano de Obra	Grado de Calificación	2
	Rotacion de personal	3
	Sitio de la obra	3
	Grado de Experiencia	1
Maquinaria/ herramientas	Uso apropiado	2
	Disponibilidad de equipo	2
	Mantenimiento	2
	Costo horario impactado por fluctuaciones	3
Métodos/proces	Grado de planeación	1
	Grado de cobertura de presupuesto	1
	Grado de documentacion en el proceso	1
	Tipo de metodo constructivo	1
Medio Ambiente	Control de residuos	3
	Lluvias excesivas	3
	Grado de control en condiciones de obra	2
	Robos o vandalismo	3
Medición	Calidad de supervisión	2
	Experiencia de la supervisión	2
	Pruebas de laboratorio	1
	Costo y tiempo programados	2
Management (administración)	Grado de administracion de procesos	2
	SGC	3
	Políticas del instituto	3
	Grado de responsabilidad y compomiso	2

Experto: Ing. Sara Ruth Carmona Ibarra (Analista de
costos)

Categoría	Elementos DESFASE EN COSTO	Indice de variación
Materiales	Disposicion de materiales especiales	2
	Existencia o stock	2
	Grado de calidad	3
	Exposicion considerable a la inflación	3
Mano de Obra	Grado de Calificación	3
	Rotacion de personal	3
	Sitio de la obra	3
	Grado de Experiencia	3
Maquinaria/ herramientas	Uso apropiado	2
	Disponibilidad de equipo	2
	Mantenimiento	1
	Costo horario impactado por fluctuaciones	2
Métodos/proces	Grado de planeación	2
	Grado de cobertura de presupuesto	2
	Grado de documentacion en el proceso	1
	Tipo de metodo constructivo	2
Medio Ambiente	Control de residuos	3
	Lluvias excesivas	3
	Grado de control en condiciones de obra	2
	Robos o vandalismo	2
Medición	Calidad de supervisión	3
	Experiencia de la supervisión	3
	Pruebas de laboratorio	2
	Costo y tiempo programados	1
Management (administración)	Grado de administracion de procesos	2
	SGC	3
	Políticas del instituto	3
	Grado de responsabilidad y compomiso	2

Experto:

Ing. Olivia Cornejo Lomeli (Analista de costos)

Categoría	Elementos DESFASE EN COSTO	Indice de variación
Materiales	Disposicion de materiales especiales	1
	Existencia o stock	1
	Grado de calidad	2
	Exposicion considerable a la inflación	2
Mano de Obra	Grado de Calificación	3
	Rotacion de personal	3
	Sitio de la obra	2
	Grado de Experiencia	3
Maquinaria/ herramientas	Uso apropiado	2
	Disponibilidad de equipo	2
	Mantenimiento	2
	Costo horario impactado por fluctuaciones	2
Métodos/proces	Grado de planeación	2
	Grado de cobertura de presupuesto	1
	Grado de documentacion en el proceso	1
	Tipo de metodo constructivo	3
Medio Ambiente	Control de residuos	2
	Lluvias excesivas	3
	Grado de control en condiciones de obra	2
	Robos o vandalismo	3
Medición	Calidad de supervisión	2
	Experiencia de la supervisión	2
	Pruebas de laboratorio	1
	Costo y tiempo programados	2
Management (administración)	Grado de administracion de procesos	3
	SGC	1
	Políticas del instituto	3
	Grado de responsabilidad y compomiso	1

Experto: Ing. Melissa Fraijo Valenzuela (Analista de costos)

Categoría	Elementos DESFASE EN COSTO	Indice de variación
Materiales	Disposicion de materiales especiales	2
	Existencia o stock	3
	Grado de calidad	1
	Exposicion considerable a la inflación	3
Mano de Obra	Grado de Calificación	2
	Rotacion de personal	3
	Sitio de la obra	1
	Grado de Experiencia	3
Maquinaria/ herramientas	Uso apropiado	2
	Disponibilidad de equipo	3
	Mantenimiento	3
	Costo horario impactado por fluctuaciones	3
Métodos/proces	Grado de planeación	3
	Grado de cobertura de presupuesto	2
	Grado de documentacion en el proceso	2
	Tipo de metodo constructivo	2
Medio Ambiente	Control de residuos	3
	Lluvias excesivas	3
	Grado de control en condiciones de obra	3
	Robos o vandalismo	3
Medición	Calidad de supervisión	2
	Experiencia de la supervisión	2
	Pruebas de laboratorio	2
	Costo y tiempo programados	1
Management (administración)	Grado de administracion de procesos	3
	SGC	3
	Políticas del instituto	2
	Grado de responsabilidad y compomiso	2

DEFASES EN TIEMPO

Experto:

Ing. Adriana Ortega Garcia (Analista de costos)

Categoría	Elementos DEFASE EN TIEMPO	Indice de variación
Materiales	Disposicion de materiales especiales	1
	Existencia o stock	1
	Grado de calidad	2
	Exposicion considerable a la inflación	3
Mano de Obra	Grado de Calificación	2
	Rotacion de personal	1
	Sitio de la obra	2
	Grado de Experiencia	1
Maquinaria/ herramientas	Uso apropiado	1
	Disponibilidad de equipo	1
	Mantenimiento	2
	Costo horario impactado por fluctuaciones	2
Métodos/proces	Grado de planeación	1
	Grado de cobertura de presupuesto	2
	Grado de documentacion en el proceso	2
	Tipo de metodo constructivo	1
Medio Ambiente	Control de residuos	2
	Lluvias excesivas	2
	Grado de control en condiciones de obra	2
	Robos o vandalismo	2
Medición	Calidad de supervisión	2
	Experiencia de la supervisión	2
	Pruebas de laboratorio	3
	Costo y tiempo programados	1
Management (administración)	Grado de administracion de procesos	2
	SGC	2
	Políticas del instituto	2
	Grado de responsabilidad y compomiso	1

Experto: Ing. Sara Ruth Carmona Ibarra (Analista de costos)

Categoría	Elementos DEFASE EN TIEMPO	Indice de variación
Materiales	Disposicion de materiales especiales	2
	Existencia o stock	2
	Grado de calidad	3
	Exposicion considerable a la inflación	2
Mano de Obra	Grado de Calificación	3
	Rotacion de personal	3
	Sitio de la obra	3
	Grado de Experiencia	2
Maquinaria/ herramientas	Uso apropiado	3
	Disponibilidad de equipo	3
	Mantenimiento	3
	Costo horario impactado por fluctuaciones	3
Métodos/proces	Grado de planeación	2
	Grado de cobertura de presupuesto	2
	Grado de documentacion en el proceso	2
	Tipo de metodo constructivo	1
Medio Ambiente	Control de residuos	1
	Lluvias excesivas	3
	Grado de control en condiciones de obra	1
	Robos o vandalismo	3
Medición	Calidad de supervisión	3
	Experiencia de la supervisión	3
	Pruebas de laboratorio	2
	Costo y tiempo programados	2
Management (administración)	Grado de administracion de procesos	2
	SGC	3
	Políticas del instituto	3
	Grado de responsabilidad y compomiso	1

Experto:

Ing. Olivia Cornejo Lomeli (Analista de costos)

Categoría	Elementos DESFASE EN TIEMPO	Indice de variación
Materiales	Disposicion de materiales especiales	2
	Existencia o stock	2
	Grado de calidad	2
	Exposicion considerable a la inflación	2
Mano de Obra	Grado de Calificación	3
	Rotacion de personal	3
	Sitio de la obra	2
	Grado de Experiencia	3
Maquinaria/ herramientas	Uso apropiado	3
	Disponibilidad de equipo	3
	Mantenimiento	3
	Costo horario impactado por fluctuaciones	3
Métodos/proces	Grado de planeación	2
	Grado de cobertura de presupuesto	2
	Grado de documentacion en el proceso	2
	Tipo de metodo constructivo	2
Medio Ambiente	Control de residuos	2
	Lluvias excesivas	3
	Grado de control en condiciones de obra	2
	Robos o vandalismo	3
Medición	Calidad de supervisión	2
	Experiencia de la supervisión	2
	Pruebas de laboratorio	2
	Costo y tiempo programados	2
Management (administración)	Grado de administracion de procesos	2
	SGC	2
	Políticas del instituto	3
	Grado de responsabilidad y compomiso	2

Experto: Ing. Melissa Fraijo Valenzuela (Analista de costos)

Categoría	Elementos DESFASE EN TIEMPO	Indice de variación
Materiales	Disposicion de materiales especiales	2
	Existencia o stock	3
	Grado de calidad	2
	Exposicion considerable a la inflación	3
Mano de Obra	Grado de Calificación	3
	Rotacion de personal	3
	Sitio de la obra	1
	Grado de Experiencia	3
Maquinaria/ herramientas	Uso apropiado	3
	Disponibilidad de equipo	2
	Mantenimiento	3
	Costo horario impactado por fluctuaciones	3
Métodos/proces	Grado de planeación	2
	Grado de cobertura de presupuesto	2
	Grado de documentacion en el proceso	2
	Tipo de metodo constructivo	2
Medio Ambiente	Control de residuos	3
	Lluvias excesivas	2
	Grado de control en condiciones de obra	3
	Robos o vandalismo	3
Medición	Calidad de supervisión	3
	Experiencia de la supervisión	3
	Pruebas de laboratorio	2
	Costo y tiempo programados	2
Management (administración)	Grado de administracion de procesos	3
	SGC	3
	Políticas del instituto	1
	Grado de responsabilidad y compomiso	3

Anexo 3. Resumen de montos y tiempos de ejecución de obras de ampliación y remodelación desde el año 2014 al 2016, administradas por el departamento de obras del Instituto Tecnológico de Sonora.

OBRAS DE REMODELACION O AMPLIACION EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA	MONTO (Pesos)			TIEMPO EJECUCION (días)		
	CONTRATO	REAL EJECUTADO	% SOBRECOSTO	PROGRAMA CONTRATADO	REAL EJECUTADO	% DESFASE
Estacionamiento bacheo Navojoa sur (2014)	\$1,320,546.60	\$1,320,546.60	0.00%	119	271	127.73%
Terminacion edificio aulas Navojoa sur (2014)	\$ 769,227.23	\$ 843,202.38	9.62%	26	26	0.00%
Cancha de tenis Navojoa sur (2014)	\$1,937,057.78	\$2,305,775.31	19.03%	110	110	0.00%
Barda Navojoa sur (2014-2015)	\$5,471,384.83	\$6,448,245.94	17.85%	209	343	64.11%
Remodelacion piso 300 y 400 Obregon centro (2014)	\$ 905,139.35	\$ 879,190.39	-2.87%	33	33	0.00%
Remodelacion mercadotecnia Ceen, Obregon centro (2014)	\$ 604,192.07	\$ 424,583.31	-29.73%	26	26	0.00%
Remodelacion camara gessel y bioterio Obregon centro (2014)	\$ 230,227.29	\$ 215,693.97	-6.31%	42	42	0.00%
Barda Chihuahua Obregon centro (2015)	\$1,560,023.42	\$1,750,026.52	12.18%	119	285	139.50%
Bodega danza Navojoa centro (2015-2016)	\$ 89,743.62	\$ 96,691.75	7.74%	39	89	128.21%
Remodelacion laboratorio microbiologia Obregon centro (2015)	\$ 475,483.64	\$ 492,091.91	3.49%	44	100	127.27%
Remodelacion de cerco y cancha de tenis Navojoa sur (2015)	\$ 198,352.01	\$ 193,587.89	-2.40%	25	25	0.00%
Ampliacion laboratorio la colmena Edif 600 Obregon centro (2015)	\$1,046,423.50	\$ 839,449.61	-19.78%	30	30	0.00%
Rehabilitacion estacionamiento Acuacultura Obregon centro (2015)	\$ 396,469.68	\$ 347,037.03	-12.47%	89	89	0.00%
Adecuacion laboratorios quimica Navojoa sur y pintura epoxica en pisos (2015)	\$1,497,041.78	\$1,042,044.65	-30.39%	34	34	0.00%
Adecuacion instalacion electrica edificio LV600 Obregon centro (2015-2016)	\$ 261,930.76	\$ 268,432.41	2.48%	29	29	0.00%
Pintura e impermeabilizacion edificios varios Obregon centro, Navojoa y Guaymas (2016)	\$1,817,224.98	\$1,326,018.48	-27.03%	90	90	0.00%
Remodelacion de baños 800 y biblioteca Obregon centro (2016)	\$1,510,546.76	\$1,292,778.90	-14.42%	67	164	144.78%
Remodelacion baños CETT 910 calle 900 en la posta lechera ITSON (2016)	\$ 119,680.88	\$ 133,636.26	11.66%	24	53	120.83%
	%sobrecosto promedio =		-3.41%	%desfase promedio=		47.36%