

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

E.A.P. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Gestión de riesgos en el planteamiento de actividades de
proyectos en obras civiles**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR

Crysthian Antony Castañeda Zorrilla

ASESOR

Orestes Cachay Boza

Lima – Perú

2015

**A mis queridos padres y todos aquellos que estuvieron involucrados,
y me apoyaron a lo largo de mi proceso universitario.**

INTRODUCCIÓN	4
CAPÍTULO I.....	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
1.1 <i>Generalidades</i>	6
1.2 <i>Planteamiento del Problema</i>	8
1.3 <i>Justificación del Problema.....</i>	10
1.4 <i>Importancia de la Investigación.....</i>	12
1.5 <i>Limitaciones de la Investigación.....</i>	14
1.6 <i>Objetivos de la Investigación.....</i>	15
1.7 <i>Hipótesis de Trabajo</i>	16
1.8 <i>Operacionalización de las variables.....</i>	16
CAPÍTULO II.....	17
GESTIÓN DEL RIESGO	17
2.1 <i>ISO 31000</i>	17
2.2 <i>Identificación de riesgos empresariales</i>	25
2.3 <i>Análisis y Evaluación de riesgos.....</i>	37
CAPÍTULO III.....	44
METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE PROYECTOS	44
3.1 <i>Gestión del Riesgo del Proyecto.....</i>	45
3.2 <i>Modelado y simulación.....</i>	60
CAPÍTULO IV	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
4.1 <i>Conclusiones.....</i>	77
4.2 <i>Recomendaciones.....</i>	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

INTRODUCCIÓN

La importancia de gestionar los riesgos empresariales es innegable en la actualidad, por tanto, la necesidad de entender cómo hacerlo se hace cada vez más perentoria. Un primer paso, y quizás el de mayor importancia en la gestión de los riesgos, es identificarlos, lo cual habilita a las empresas para entenderlos y así poder manejarlos.

La gestión integral de riesgos ha ganado impulso en los últimos años, especialmente a partir de la década de los noventa, lo que ha conllevado la aparición de “Modelos de Gestión de Riesgos”, algunos de ellos de carácter más específico, como por ejemplo: ISO 14000, ISO 22000, OHSAS 18001, etc. y otros de carácter más global como la norma AS/NZS 4630 o la norma ISO 31000.

Por lo tanto, con el objeto de incorporar en la estimación del presupuesto de inversión los riesgos e incertidumbres a los cuales el proyecto está expuesto, como las incertidumbres de las condiciones reales del terreno, variabilidad de precios según las condiciones de mercado, ocurrencia de eventos climáticos, sociales, operacionales, naturales, entre otros. Se ha desarrollado la metodología para incorporarlos en el costo de inversión y establecer un costo de inversión probabilístico, donde los posibles valores que pueda alcanzar el presupuesto están asociados a una probabilidad de ocurrencia.

Con la utilización del software Crystal Ball, que hace uso del método de Monte Carlo, se procesaron múltiples iteraciones en la que cada parte de obra tomó distintos valores posibles en concordancia con su correspondiente función de distribución probabilística. Lo anterior equivale a simular matemáticamente la ejecución de múltiples proyectos, que cumplen con las condiciones establecidas.

Se obtienen así tantos costos de inversión como iteraciones se realizaron y con cuyos valores se generó una función de distribución continua y su correspondiente curva de probabilidad de ocurrencia acumulada (probabilidad de no excedencia).

Del análisis de riesgo e incertidumbre, se determina el costo de inversión probabilístico del proyecto de Obras Civiles, con una probabilidad de ocurrencia del 90% de efectividad de la herramienta.

La clave para usar Crystal Ball es definir ciertas celdas de entrada en la hoja de cálculo Excel como supuestos, y ciertas celdas de salida como pronósticos. Una vez que ya se han definido las celdas, Crystal Ball utiliza la simulación Monte Carlo para modelar la complejidad de un escenario real.

Capítulo I

Planteamiento del problema

1.1 Generalidades

La importancia de gestionar los riesgos empresariales es innegable en la actualidad, por tanto, la necesidad de entender cómo hacerlo se hace cada vez más apremiante. Un primer paso, y quizás el de mayor importancia en la administración de los riesgos, es identificarlos, lo cual habilita a las empresas para entenderlos y así poder manejarlos (Mejía, Rubí, 2013)

El interés por identificar los riesgos ha existido desde la antigüedad, fruto de la necesidad de prevenir eventos desfavorables para el bienestar de la humanidad. Acudir a predicciones para predecir los hechos, leer cartas en el tarot, pedir consejos a expertos, consultar información, monitorear las acciones de la competencia y los gustos de los consumidores han sido, entre otros, medios para identificar riesgos que alteren la realización de nuestros deseos y planes o afecten nuestra seguridad.

La Gestión de Riesgos (del inglés Risk Management) es un enfoque estructurado para manejar la incertidumbre relativa a una amenaza, a través de una secuencia de actividades humanas que incluyen evaluación de riesgo, estrategias de desarrollo para manejarlo y mitigación del riesgo utilizando recursos gerenciales. Las estrategias incluyen transferir el riesgo a otra parte, evadir el riesgo, reducir los efectos negativos del riesgo y aceptar algunas o todas las consecuencias de un riesgo particular.

La Gestión de los Riesgos del Proyecto incluye los procesos relacionados con llevar a cabo la planificación de la gestión, la identificación, el análisis, la planificación de respuesta a los riesgos, así como su monitoreo y control en un proyecto. Los objetivos de la Gestión de los Riesgos del Proyecto son aumentar la probabilidad y el impacto de eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de eventos negativos para el proyecto.

Según PMBOK, 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.

1.2 Planteamiento del Problema

1.2.1 Determinación del Problema

La Gestión de Riesgos es tan antigua como la existencia misma del hombre, pero nunca había tan relevante como en el mundo cambiante no sólo de hoy sino también del futuro. Estamos viviendo un cambio de época. La globalización de la economía, las crisis financieras, la disputa por los recursos, la desigualdad social, el cambio demográfico, la amenaza del cambio climático, por mencionar algunos, son los retos que enfrentamos en las economías y las sociedades. Todos estos factores significan cambios, y estos cambios se enmarcan en un entorno de incertidumbre y riesgo.

La Gestión integral del Riesgo nació como respuesta a los desafíos que trae consigo el cambio. Sin entrar en la discusión de si es ciencia o arte, puede decirse que hoy día no se concibe ninguna actividad humana en general, ni ninguna actividad empresarial en lo particular, sin una adecuada gestión de riesgos.

La creciente aceptación de la Gestión de Proyectos indica que la aplicación de conocimientos, procesos, habilidades, herramientas y técnicas adecuados puede tener un impacto considerable en el éxito de un proyecto.

La Gestión de Proyectos identifica ese subconjunto de fundamentos de la dirección de proyectos generalmente reconocido como buenas prácticas. “Generalmente reconocido” significa que los conocimientos y prácticas

descritos se aplican a la mayoría de los proyectos, la mayor parte del tiempo, y que existe consenso sobre su valor y utilidad. “Buenas prácticas” significa que se está de acuerdo, en general, en que la aplicación de estas habilidades, herramientas y técnicas puede aumentar las posibilidades de éxito de una amplia variedad de proyectos.

El objetivo de la Gestión de Riesgos es reducir diferentes riesgos relativos a un ámbito preseleccionado a un nivel aceptado por la sociedad. Puede referirse a numerosos tipos de amenazas causadas por el medio ambiente, la tecnología, los seres humanos, las organizaciones y la política. Por otro lado, involucra todos los recursos disponibles por los seres humanos o, en particular, por una entidad de manejo de riesgos.

Las buenas prácticas se han convertido en estándares de la industria, tales es así que su implantación se ha convertido en los últimos años en una necesidad para aquellas empresas que deseen gestionar sus proyectos adecuadamente y lograr ventajas de negocio de las mismas.

El presente trabajo, consiste en la aplicación de la Gestión de Riesgos en la planeación, organización, control de un proyecto en obras civiles.

1.2.2 Formulación del Problema

Problema General

¿Cómo es posible mejorar el desempeño en la gestión de riesgos en la organización en las actividades de un proyecto en obras civiles?

Problemas Específicos

¿Qué aspectos debe contener la gestión de riesgos propuesto para la organización?

1.3 Justificación del Problema

Contar con un modelo de gestión, que permita que un proyecto en obras civiles sea un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único, indique un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termine el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto, que partiendo del diagnóstico de la situación, establezca objetivos, estrategias y metas necesarias para el corto, mediano y largo plazo, que permitan asegurar una eficiente y eficaz utilización del mismo.

JUSTIFICACIÓN INSTITUCIONAL

La Gestión de Riesgos, permitirá a las autoridades en todos sus niveles y modalidades, asumir un compromiso serio y responsable para enfrentar la problemática del proyecto con la finalidad de caminar hacia un espacio solidario, equitativo, austero y ambientalmente saludable, a través de la participación y del consenso de la comunidad, contribuyendo eficientemente al desarrollo sostenible del entorno.

La implementación de la Gestión de Riesgos, busca un enfoque integral de los procesos que nos permitirá el mejor uso de los recursos, simplicidad en el manejo de los procesos, y aumentar la rentabilidad, dentro de un proceso de mejora continua.

JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

La existencia de la Gestión de Riesgos, permitirá incluir la dimensión del riesgo en la toma de decisiones para planificar y priorizar a corto, mediano y largo plazo los presupuestos de la organización, de forma que estos sean invertidos para generar instancias que se encarguen de la implementación y cumplimiento de su política basada en la gestión de los proyectos.

El manejo de riesgos se centra algunas veces en la contención de riesgo por causas físicas o legales, con consecuencias materiales, por ejemplo en desastres naturales o incendios, accidentes, muerte o demandas. Por otra parte, la gestión de riesgos en actividades de construcción se enfoca en los

riesgos que pueden ser manejados usando procesos de mejoras, identificando condiciones subestándares, analizando la cantidad de recursos, etc.

JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA

La Gestión de Riesgos, establece la posibilidad que gestionando adecuadamente el ambiente se ahorrarán recursos económicos en lo que concierne a los incidentes y accidentes, permitiendo invertir estos ahorros en programas de educación para la comunidad, lo que hoy día se insiste en el tema de Relaciones Comunitarias.

1.4 Importancia de la Investigación

El contexto en que se desarrolla la presente investigación, resulta de considerar que en las entidades organizacionales actuales, se hace necesario contemplar el desarrollo de un proyecto desde una visión amplia de su problemática y que se integre en el entrelazado (transversalidad) de las diferentes políticas sectoriales locales. Enfatizando la consideración del sistema como una unidad compleja, en la cual los recursos naturales aparecen en interacción con el desarrollo cultural, social y económico de los colaboradores.

Por otra parte, la importancia de la Gestión del Riesgo de un proyecto en la organización, radica en que reforzará los recursos en un ambiente sostenible, a los cuales se debería poder acceder en condiciones de equidad y solidaridad, contribuyendo a la gestión del talento humano que la sociedad

necesita para su desarrollo. Todo esto a través de la inclusión de la dimensión del riesgo en sus procesos de soporte, operativos y estratégicos; y así responder a los retos que demanda la sostenibilidad de sus propias actividades y de su compromiso con el desarrollo sostenible.

Un proceso como un conjunto de actividades y recursos interrelacionados que transforman elementos de entrada en elementos de salida aportando valor añadido para el cliente o usuario. Los recursos pueden incluir: personal, finanzas, instalaciones, equipos técnicos, métodos, entre otros. El propósito que ha de tener todo proceso es ofrecer al cliente / usuario un servicio correcto que cubra sus necesidades, que satisfaga sus expectativas, con el mayor grado de rendimiento en coste, servicio y calidad.

Los resultados deseados en los procesos dependen de los recursos, la habilidad y motivación del personal involucrado en el mismo, mientras los procedimientos son sólo una serie de instrucciones elaboradas para que las siga una persona o conjunto de personas. Como en toda organización existen riesgos inherentes, es importante la de gestión del riesgo de los recursos. Un mapa de procesos es un diagrama de valor; un inventario gráfico de los procesos de una organización, el cual permite visualizar qué procesos es calificado para realizar sensibilización ante un riesgo.

1.5 Limitaciones de la Investigación

A pesar de los numerosos beneficios que reporta la Gestión de Riesgos en concordancia con el PMBOK y la Norma ISO 31000/2009: estándar relacionado con principios generales de la gestión de riesgos publicado por la *International Organization for Standardization* o ISO, pueden aparecer ciertas restricciones o dificultades en el proceso, como pueden ser:

- La falta de consenso político existente en nuestras organizaciones o voluntad mayoritaria para aprobar y ejecutar la realización de la propuesta, puede ocasionar que aún iniciado el proceso, este no tenga resultados satisfactorios o no se consiga su sostenibilidad en el tiempo.
- La ejecución de la Implementación conlleva una inversión económica derivada tanto en recursos técnicos, económicos como en personal.
- La cultura participativa inexistente en la organización, puede suponer un freno al proceso, ya sea por desinterés o recelo de los agentes socioeconómicos o por recelos y prevenciones desde el estamento político.
- Pueden surgir desacuerdos en el momento de decidir y dar prioridad a las actuaciones estratégicas, por la afectación de los intereses de particulares o grupos.
- Cada proceso en la Gestión de Riesgos según PMBOK, implica el esfuerzo de una o más personas, dependiendo de las necesidades

del proyecto. Cada proceso se ejecuta por lo menos una vez en cada proyecto y en una o más fases del proyecto, en caso de que el mismo esté dividido en fases. Aunque los procesos se presentan aquí como elementos diferenciados con interfaces bien definidas, en la práctica se superponen e interactúan de tal forma que los colaboradores trabajen en un esfuerzo común.

- Las organizaciones perciben los riesgos como el efecto de la incertidumbre sobre los objetivos del proyecto y de la organización. Las organizaciones y los interesados disponen a aceptar ciertos niveles de riesgo (esto se conoce como tolerancia al riesgo).

1.6 Objetivos de la Investigación

1.6.1 Objetivo General

Presentar la metodología, para contar con la herramienta adecuada, para dar respuestas a los problemas existentes en el sistema de administración del riesgo de los recursos en obra.

1.6.2 Objetivos Específicos

Todo proyecto crea un producto, servicio o resultado único. Aunque puede haber elementos repetitivos en algunos entregables del proyecto, esta repetición no altera la unicidad fundamental del trabajo del proyecto. Por ejemplo, las obras civiles son construidas con recursos idénticos o similares, o por el mismo equipo, pero cada ubicación es única: con un diseño diferente, en circunstancias diferentes, etcétera.

1.7 Hipótesis de Trabajo

El presente trabajo, se basa, en la implementación de manera lógica y consecuente, de una metodología para gestión del riesgo de los recursos de un proyecto en obras civiles, que agrupa personas, finanzas, instalaciones y recursos, siendo fruto de la necesidad de prevenir eventos desfavorables para el bienestar de la organización y de los clientes.

H₁: Es posible la alineación de todas las componentes uno al lado del otro; así como su unión, para formar un todo armónico.

H₂: Es posible la gestión de riesgos para el planeamiento de actividades de obras civiles.

H₃: Es factible la aplicación de la herramienta de simulación en computadoras, a la gestión de riesgos en actividades de obras civiles.

1.8 Operacionalización de las variables

Las variables de trabajo para las hipótesis formuladas son las siguientes:

- **Variable dependiente:** Desempeño del Riesgo en la organización.
- **Variable independiente:** Sistema de Gestión de Riesgos en la organización.
- **Variable Interviniente:** Diagnóstico organizacional de la organización.

Capítulo II

Gestión del Riesgo

Para identificar los riesgos personales no es necesario desarrollar técnicas sofisticadas; a menudo la observación es una de las mejores aliadas para buscar la seguridad en la cotidianidad. Si se observa en las calles, bodegas, edificios, laboratorios e instalaciones, se puede en general percibir una variedad de señales que evidencian peligros y que permiten evitarlos o controlarlos; el instinto de conservación hace que estemos en constante alerta ante condiciones anormales que pueden atentar contra nuestra supervivencia.

2.1 ISO 31000

La importancia de gestionar los riesgos empresariales es innegable en la actualidad, por tanto, la necesidad de entender cómo hacerlo se hace cada vez más perentoria. Un primer paso, y quizás el de mayor importancia en la gestión de los riesgos, es identificarlos, lo cual habilita a las empresas para entenderlos y así poder manejarlos.

Todas las actividades de una organización están sometidas de forma permanente a una serie de amenazas, lo cual las hace altamente vulnerables, comprometiendo su estabilidad. Accidentes operacionales, enfermedades,

incendios u otras catástrofes naturales, son una muestra de este panorama, sin olvidar las amenazas propias de su negocio.

Tradicionalmente, las organizaciones han tratado estos riesgos mediante estrategias de reacción y soluciones puntuales. No obstante, la experiencia ha demostrado que los elementos que conforman los riesgos y los factores que determinan el impacto de sus consecuencias sobre un sistema, son los mismos que intervienen para todos los riesgos en una organización.

La tendencia actual es utilizar un enfoque integral de manejo de los mismos conocido como “Enterprise Risk Management” (ERM), con el fin de evaluar, administrar y comunicar estos riesgos de una manera integral, basados en los objetivos estratégicos de la organización.

La gestión integral de riesgos ha ganado impulso en los últimos años, especialmente a partir de la década de los noventa, lo que ha conllevado la aparición de “Modelos de Gestión de Riesgos”, algunos de ellos de carácter más específico, como por ejemplo: ISO 14000, ISO 22000, OHSAS 18001, etc. y otros de carácter más global como la norma AS/NZS 4630 o la norma ISO 31000.

Para una mayor eficacia, la Gestión del Riesgo en una organización debe tener en cuenta los siguientes principios:

1. **Crea valor.** Contribuye a la consecución de objetivos así como la mejora de aspectos tales como la seguridad y salud laboral, cumplimiento legal y normativo, protección ambiental, etc.
2. **Está integrada en los procesos de una organización.** No debe ser entendida como una actividad aislada sino como parte de las actividades y procesos principales de una organización.
3. **Forma parte de la toma de decisiones.** La Gestión del Riesgo ayuda a la toma de decisiones evaluando la información sobre las distintas alternativas.
4. **Trata explícitamente la incertidumbre.** La Gestión del Riesgo trata aquellos aspectos de la toma de decisiones que son inciertos, la naturaleza de esa incertidumbre y como puede tratarse.
5. **Es sistemática, estructurada y adecuada.** Contribuye a la eficiencia y, consecuentemente, a la obtención de resultados fiables.
6. **Está basada en la mejor información disponible.** Las entradas del proceso de Gestión del Riesgo están basados en fuentes de información como la experiencia, la observación, las previsiones y la opinión de expertos.
7. **Está hecha a medida.** La Gestión del Riesgo está alineada con el contexto externo e interno de la organización y con su perfil de riesgo.
8. **Tiene en cuenta factores humanos y culturales.** Reconoce la capacidad, percepción e intenciones de la gente, tanto externa como interna, que puede facilitar o dificultar la consecución de los objetivos de la organización.

9. **Es transparente e inclusiva.** La apropiada y oportuna participación de los grupos de interés (Stakeholders) y, en particular, de los responsables a todos los niveles, asegura que la Gestión del Riesgo permanece relevante y actualizada.
10. **Es dinámica, iterativa y sensible al cambio.** La organización debe velar para que la gestión del riesgo detecte y responda a los cambios de la empresa.
11. **Facilita la mejora continua de la organización.** Las organizaciones deberían desarrollar e implementar estrategias para mejorar continuamente, tanto en la gestión del riesgo como en cualquier otro aspecto de la organización.

La variedad, complejidad y naturaleza de los riesgos puede ser de muy diversa índole por lo que éste nuevo estándar Internacional desarrollado por la ISO (*International Organization for Standardization*) propone unas pautas genéricas sobre cómo gestionar los riesgos de forma sistemática y transparente.

La ISO 31000:2009 es una Norma Internacional que ofrece las directrices y principios para gestionar el riesgo de las organizaciones.

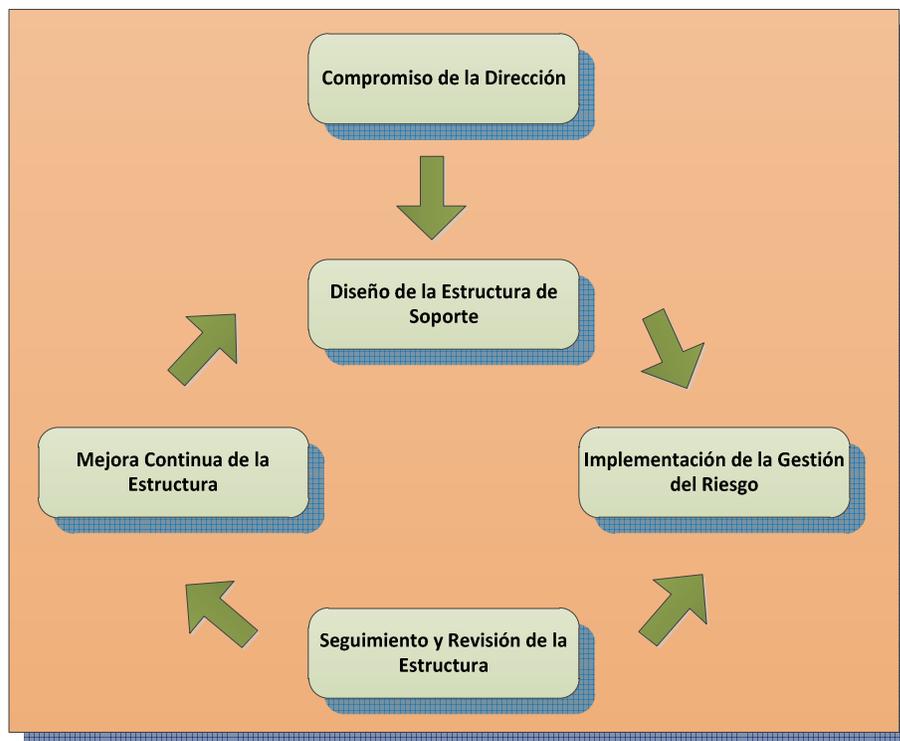
El diseño y la implantación de la gestión de riesgos dependerán de las diversas necesidades de cada organización, de sus objetivos concretos, contexto, estructura, operaciones, procesos operativos, proyectos, servicios, entre otros.

El enfoque está estructurado en tres elementos claves para una efectiva gestión de riesgos:

- Los principios para la Gestión de Riesgos.
- La estructura de soporte.
- El proceso de Gestión de Riesgos.

La relación entre los principios de gestión, la estructura de soporte, así como el proceso de Gestión del Riesgo desarrollado en la Norma se presenta en las figuras 2.1 y 2.2.

Figura 2.1: Cláusula 5, Estructura para la Gestión del Riesgo



Fuente: Adaptado Norma ISO 31000

El diseño e implantación de un modelo de gestión del riesgo, permitirá a la organización:

- Fomentar la gestión proactiva en lugar de la reactiva.
- Ser consciente de la necesidad de identificar y tratar el riesgo en todos los niveles de la organización.
- Mejorar la identificación de oportunidades y amenazas.
- Cumplir con los requisitos legales normativos aplicables, así como de las normas internacionales.
- Mejorar la gestión empresarial.
- Mejorar la confianza de los grupos de interés (Stakeholders).
- Establecer una base fiable para la toma de decisiones y planificación.
- Mejorar los controles.
- Mejorar la eficacia y la eficiencia operacional.
- Mejorar la prevención así como la gestión de incidentes.
- Minimizar las pérdidas.
- Mejorar la resistencia organizativa.

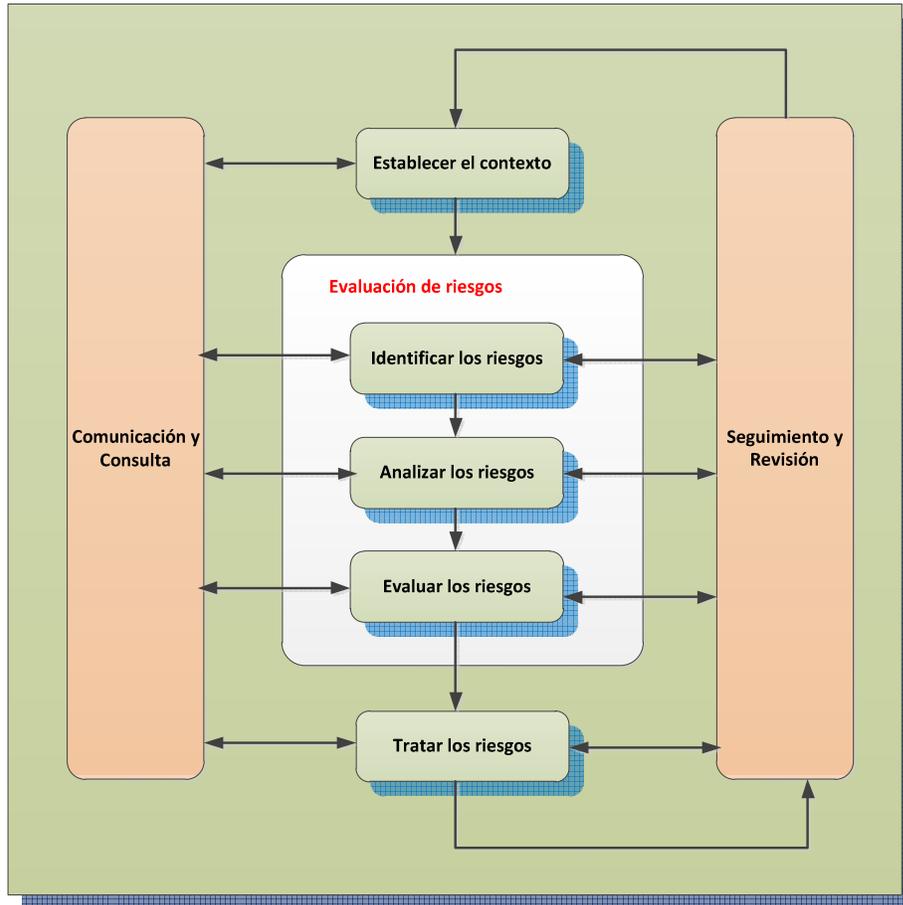
La Norma fue publicada en noviembre del 2009 por la Organización Internacional de Normalización (ISO) en colaboración con IEC, y tiene por objetivo que organizaciones de todos los tipos y tamaños puedan gestionar los

riesgos en la empresa de forma efectiva, por lo que recomienda que las organizaciones desarrollen, implanten y mejoren continuamente un marco de trabajo cuyo objetivo es integrar el proceso de gestión de riesgos en cada una de sus actividades.

Como complemento a esta norma se ha desarrollado otro estándar: la ISO 31010:2010 “Gestión del Riesgo: Técnicas de evaluación de riesgos”. Esta Norma provee de una serie de técnicas para la identificación y evaluación de riesgos, tanto positivos como negativos.

La variedad y complejidad de los riesgos es muy diversa por lo que éste estándar internacional desarrollado por la ISO (*International Organization for Standardization*) no está pensado para un sistema particular de gestión, más bien es una guía de buenas prácticas para las actividades relacionadas con la Gestión de Riesgos.

Figura 2.2: Cláusula 6, El proceso de Gestión del Riesgo



Fuente: Adaptado Norma ISO 31000

Las técnicas descritas en la Norma ISO 31010:2010, son entre otras, las siguientes:

- Tormenta de ideas
- Delphi
- Análisis de riesgos preliminar (PHA)
- Estudio de Peligros y Operabilidad - HAZOP
- Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP)
- Evaluación del riesgo ambiental
- Análisis de causas y consecuencias
- Análisis de causa y efecto

- Árboles de decisión
- Análisis de cadenas de Markov
- Análisis Qué pasa si
- Análisis de escenarios
- Análisis de Causa Raíz (RCA)
- Análisis de modo y efecto de la falla (FMEA)
- Análisis de árbol de fallos
- Análisis de árbol de eventos
- Simulación de Monte Carlo
- Matrices de probabilidad y consecuencia
- Análisis costo beneficio
- Análisis de decisión multicriterio (MCDA)

2.2 Identificación de riesgos empresariales

El riesgo es propio de la naturaleza de la empresa. Más específicamente, el riesgo justifica la existencia de las empresas, y legitima los beneficios corporativos. El beneficio generado por las empresas es una recompensa otorgada al inversor por la asunción de determinados riesgos. Si no hubiera riesgos, las empresas deberían generar una rentabilidad, igual a la de un instrumento libre de riesgo y, en ese caso, todos los instrumentos financieros tendrían el mismo retorno: el retorno libre de riesgo. El empresario es, según una de las definiciones más comúnmente empleadas, un tomador de riesgos.

Hoy más que nunca es necesario contar con instrumentos y metodologías que permitan a los empresarios o responsables de promover iniciativas de inversión, tener un pronóstico lo más acertado posible de la

rentabilidad de un nuevo proyecto. En este sentido, es posible afirmar que la adecuada concepción de un plan de negocios, así como la identificación de los riesgos asociados y la gerencia con carácter preventivo de los mismos, se ha convertido en un instrumento clave y fundamental para el éxito de los empresarios.

Un plan de negocios como una serie de actividades relacionadas entre sí para el comienzo o desarrollo de una empresa o proyecto con un sistema de planeación tendiente a alcanzar metas determinadas, su adecuada concepción y puesta en práctica debe tener en cuenta, con carácter preventivo, los riesgos asociados a la puesta en práctica de estas actividades, así como la manera de tratar éstos con la finalidad de eliminar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el alcance y los objetivos propuestos para la negociación / Proyecto.

El plan de negocios y el análisis de los riesgos asociados al mismo, debe transmitir a los nuevos inversionistas, a los accionistas y a los financieros, los factores que harán de la empresa un éxito, la forma en la que recuperarán su inversión y en el caso de no lograr las expectativas de los socios, la fórmula para terminar la sociedad y cerrar la empresa, pero también la seguridad y confianza necesaria de que se ha previsto como actuar en cada momento ante la posibilidad de problemas o dificultades, que de no ser previstas con antelación, pueden atentar contra el éxito del Negocio / Proyecto. En síntesis,

algo así como no dejar todo a la solución de un problema cuando éste surja, aunque debe quedar claro de que no es posible preverlo todo.

A continuación se presenta una lista detallada de los riesgos en una Organización:

- 1. Riesgos derivados de la estructura directiva**, selección del equipo y de organización general que constituye el entorno de la negociación o del Proyecto, especialmente, los derivados de actuaciones de Autoridades Administrativas (concesión de licencias, aprobación de documentos, autorizaciones para ejecutar acciones, realizar transacciones, financiamiento oportuno, interpretación de ordenantes, etc.) Además interfaces entre responsabilidades de departamentos o de individuos, duplicaciones de definición con definiciones diferentes, áreas del Negocio o Proyecto sin considerar, discrepancias: Socio, Proyectistas, Inversionista (Propiedad) / Constructor, falta de comunicaciones. etc.
- 2. Riesgos técnicos derivados de los aspectos tecnológicos del negocio** o del Proyecto (tecnologías e innovaciones no conocidas o estudiadas suficientemente, no contratadas suficientemente, sin toda la información requerida, no definidas totalmente, etc.).
- 3. Riesgos contractuales**, derivados de la esencia o de la redacción del contrato de ejecución del negocio o del Proyecto (puede incluir desde las etapas de concepción y definición, si son pertinentes al análisis), tales como: contradicciones entre cláusulas, ambigüedades, imprecisiones, indefiniciones,

discrepancias entre condiciones reales y las descritas en el Contrato. Para el caso de riesgos en la etapa de generación del contrato, un ejemplo es analizar el impacto que ejerce el clima en el proyecto, tanto es así que se podría transferir el riesgo al cliente ya que este se vuelve una incertidumbre.

4. Riesgos Financieros, derivados de la correcta disposición de fondos, tasas de cambio entre divisas, intereses no fijos, y otros, relacionados con el Negocio / Proyecto.

5. Riesgos sobre la disponibilidad de recursos, si estos no estuviesen disponibles al nivel adecuado, el momento preciso, cantidad, formación y calidad requerida. Además cual suministro, limitaciones en el proceso de compras impuestos por Contrato o por leyes, regulaciones y normas del país, potencial de pérdidas por suministros (robo, vandalismo, daños). Se debe analizar detenidamente los recursos humanos.

6. Riesgos en relaciones laborales, que puedan ser causas de huelgas, paros imprevistos, insatisfacciones del personal que provoque disminución de rendimientos y productividades del trabajo, disminución de la Calidad, interfaces complejas con terceros o dentro del propio equipo de dirección, etc. Riesgos derivados del impacto social de la negociación o del Proyecto.

7. Riesgos derivados de un estudio deficiente de la competencia, del mercado y de la parte con la cual se realizará la negociación.

8. Riesgos derivados del Cliente, que puede incluir aspectos tales como: estabilidad financiera, nivel de independencia, interferencias, expectativas de calidad, interpretación del Contrato, disposición / deseo de cumplir sus obligaciones, cambios en su política de dirección.

9. Riesgos derivados del Cliente, que puede incluir aspectos tales como: estabilidad financiera, nivel de independencia, interferencias, expectativas de calidad, interpretación del Contrato, disposición / deseo de cumplir sus obligaciones, cambios en su política de dirección.

10. Riesgos derivados de causas especiales, tales como reglamentaciones del cliente, riesgos no asegurados, litigios causados por terceros, garantías y afianzamientos, requisitos de permisos y otros.

Actualmente el entorno de los negocios presenta aún muchos retos para las empresas por lo que el riesgo y su adecuada administración ocupa un lugar primordial en las agendas de todas las compañías. Los negocios evolucionan, lo cual trae consigo nuevos riesgos, y al mismo tiempo se adaptan a los cambios provocados por la economía posterior a la crisis. La capacidad de las organizaciones para anticipar las amenazas, responder y adaptarse continuamente depende más que nunca de la fortaleza de su proceso de Gestión del Riesgos.

Una vez establecidos los objetivos, es momento de identificar los riesgos que atentan al cumplimiento de los mismos.

Existen diversas técnicas, entre ellas:

- Análisis de flujos de procesos
- Cuestionarios a los empleados
- Inventario de eventos pasados con los dueños de los procesos
- Entrevistas con Auditoría Interna y demás auditorías externas, allí pueden existir documentación de riesgos.
- Trabajos en grupo de diversas áreas.

Si opta por ejemplo por uso del análisis de flujos de procesos, podrá identificar las actividades dentro del proceso y hacer la pregunta ¿qué podría salir mal?, luego podría hacer una lista de posibles eventos. Como se habrá percatado, necesitamos el mapeo de todos los procesos de negocio, que sea actual, y que estén debidamente estandarizados y documentados de manera adecuada. Esta técnica es ampliamente usada, pues además permite la gerencia por procesos.

En el caso de emplear los cuestionarios a los colaboradores, se puede abordar preguntas respecto a todos los componentes de la Gestión de Riesgos y analizar las brechas que posee la empresa en cultura de riesgos y poder obtener un listado de posibles eventos causados por decisiones ineficientes de las personas.

Quien mejor que los dueños de los procesos, para inventariar los problemas que tiene o ha tenido durante su gestión, estos problemas pueden constituir eventos riesgosos.

Se debe aclarar que la nueva norma ISO de Riesgos (año 2009) menciona que el riesgo es el efecto conjunto sobre los objetivos, ello implica tanto consecuencias positivas o negativas, pero para la presente investigación, riesgo es impacto negativo en los objetivos, ya que metodológicamente la gestión de los eventos de oportunidades corresponden un poco con la planificación estratégica de crecimiento del negocio.

Los riesgos deben de clasificarse por tipos de riesgos. Al hacer uso de los marcos, tales como COSO ERM, AS/NZS, ISO, tratan de la gestión integral de riesgos, como una metodología estándar en la empresa para todos los tipos de riesgos, de crédito, de mercado, operacional; sin embargo también es válido su aplicación para los demás riesgos como, tales como, de liquidez, estratégico.

La identificación de riesgos debe darse para los procesos, proyectos (además es parte de PMBOK, del PMI), cambios importantes en el negocio, sistemas, procesos, personas, y otros factores que pueden ser generadores de riesgos.

La palabra riesgo, desde sus orígenes, se relaciona con peligro, con hechos adversos que pueden suceder y deben afrontarse. Etimológicamente, el

origen se atribuye tanto al latín como el árabe. En el italiano a través de la palabra *risico* o *rischio*, que a su vez proviene de la palabra del árabe clásico *rizq* (lo que depara la providencia), o del latín *resecu* (riesgo en el mar, roca, risco) y *risicare* (desafiar, retar, enfrentar, atreverse). El significado de riesgo se relacionaba con el peligro que en la antigüedad representaban los riscos para las embarcaciones,

Según la RAE es “contingencia o proximidad de un daño”, también “cada una de las contingencias que pueden ser objeto de un contrato de seguro”

Según el Diccionario de sinónimos y antónimos (2005) Espasa-Calpe: Riesgo es peligro, trance, contingencia, inseguridad, lance, ventura, fatalidad, desgracia, accidente, escollo; sus antónimos son seguridad, certeza.

En un principio la ISO definió riesgo como: “combinación de la probabilidad de un evento y su consecuencia, siempre y cuando exista la posibilidad de pérdidas”. Posteriormente la Norma Australiano-neo Zelandesa AS/NZS 4360:1999, definía riesgo como: “la posibilidad de que ocurra un acontecimiento que tenga un impacto en el alcance de los objetivos. El riesgo en términos de una combinación de un evento o circunstancia y su probabilidad”.

Un concepto más evolucionado es el que trae la Norma ASNZ ISO 31000 y su guía 73 (vocabulario de Gestión de Riesgos) publicada en noviembre del 2009 define riesgo como: “El efecto de la incertidumbre en los

objetivos”. La Norma ISO 31000:2009 reemplazó a la Norma australiana de riesgo AS/NZS 4360:2004.

El riesgo no es un destino; el riesgo es enfrentar el futuro conociendo lo que pueda acontecer.

La Gestión del Riesgo involucra establecer una infraestructura y cultura apropiada y aplicar un método lógico y sistemático para establecer el contexto, identificar, analizar, evaluar, tratar, monitorear y comunicar los riesgos asociados con cualquier actividad, función o proceso de forma tal que permita a las organizaciones minimizar pérdidas y maximizar beneficios.

La identificación de riesgos permite la calificación, evaluación, tratamiento o respuestas y monitoreo, al brindar elementos de análisis para cada una de las etapas de su administración; por lo que quizás es el paso más importante cuando se decide manejar los riesgos. De su correcta identificación dependen las acciones posteriores, mientras que con su omisión la empresa puede quedar sujeta al vaivén de las circunstancias.

La organización debe identificar las fuentes de riesgo, zonas de impactos, los acontecimientos (incluyendo los cambios en las circunstancias) y sus causas y sus posibles consecuencias.

El objetivo de este paso es generar una lista completa de los riesgos basados en los acontecimientos que puedan crear, mejorar, prevenir, degradar, acelerar o retrasar la consecución de los objetivos. Es importante identificar los riesgos asociados a que no ejercen una oportunidad. La identificación completa es fundamental, porque el riesgo que no se identifica en esta etapa no se incluye en el análisis posterior.

En la identificación de los riesgos de la empresa, se debe incluir los riesgos o no, y la fuente, que se encuentra bajo el control de la organización; incluso aunque la fuente de riesgo no puede ser evidente. La identificación de riesgos debe incluir el examen de los efectos en cadena de consecuencias particulares, incluidos los de cascada y los efectos acumulativos.

También debe considerar una amplia gama de consecuencias, incluso si la fuente de riesgo o causa no puede ser evidente.

Así como la identificación de lo que podría suceder, es necesario considerar las posibles causas y situaciones que muestran qué consecuencias pueden ocurrir. Todas las causas y consecuencias importantes deben ser consideradas.

Para realizar la identificación de riesgos debe conocerse profundamente la organización: entender bien el riesgo es entender el “modelo del negocio” de la empresa y sus puntos de creación de valor, además de sus planes a mediano y largo plazo. La identificación de riesgos tiene un espectro amplio de

aplicación, por tanto debe estar circunscrita a un ámbito de análisis (decisiones, procesos, productos, servicios, funciones, proyectos). Definir el objetivo específico del ámbito de análisis es primordial para identificar los riesgos que pueden afectar su cumplimiento.

Es importante la creación de una cultura de identificación de riesgos en las organizaciones, que permita a todos, y bajo cualquier circunstancia, estar atentos para detectar los posibles riesgos que deriven en consecuencia negativas y comunicar los hechos, de tal forma que la organización pueda responder con acierto.

Tabla 2.1: Uso de técnicas y metodologías

Técnicas y metodologías	Aplicación
Tormenta de ideas	Identificación de riesgos y de sus características en forma grupal.
Análisis causa-efecto	Identificación de causas y efectos de un riesgo.
Listas de Chequeo y Cuestionarios	Identificación de riesgos con guías estandarizadas, amplias y ajustables a todo tipo de empresas, pueden ayudar a elaborar el catálogo general de riesgo en una empresa.
Inspección	Identificación de riesgos que pueden ser observados en instalaciones o en el desarrollo de un proceso.
Entrevista	Identificación de riesgos que requieren el conocimiento y experiencia de personas claves.
Flujograma	Identificación de riesgos en los procesos.
Análisis de Modo y	Identificación de posibles formas en que puede fallar el

Efecto de Falla (AMEF)	diseño u operación de procesos, productos o servicios y los efectos de estas fallas.
Análisis de Información	Identificación de riesgos a través del análisis de información financiera, manuales técnicos, registro de siniestralidad y otros eventos, y del estudio de contratos laborales y comerciales.
Método Delphi	Identificación de riesgos que requieren grupo de expertos y opiniones independientes.
Análisis de Escenarios	Identificación de riesgos estratégicos.

Fuente: Adaptado de Mejía, Rubí (2013)

La organización debe aplicar herramientas de identificación de riesgos y técnicas que se adaptan a sus objetivos y capacidades, y de los riesgos que enfrentan. Pertinente y la información actualizada es importante en la identificación de riesgos. Esto debe incluir información de antecedentes adecuados que sean posibles. Las personas con los conocimientos adecuados deberían de participar en la identificación de riesgos.

Las técnicas de identificación de riesgos se han desarrollado con los avances en sus estudios, desde los seguros, las finanzas, la sociología, el control organizacional, la auditoría, la informática, la seguridad industrial, la salud ocupacional, la seguridad pública, la ingeniería ambiental, la gestión de proyectos y otros campos.

Existen técnicas de fácil aplicación, como las Entrevistas semiestructuradas y Lluvia de ideas; algunas son estandarizadas, como las

Listas de Chequeo y Cuestionarios; otras se aplican a procesos o productos, como el Análisis de Modo y Efecto de Falla o el Análisis de Puntos Críticos de Control. Ver la tabla 2.1.

2.3 Análisis y Evaluación de riesgos

El análisis de riesgos implica el desarrollo de la comprensión de los riesgos. El análisis de riesgos proporciona una entrada a la evaluación de riesgos y las decisiones sobre si los riesgos necesitan ser tratados, y al tratamiento del riesgo con estrategias y métodos. El análisis de riesgos también puede aportar su contribución en la toma de decisiones en las elecciones que deben ser realizados y las opciones de participación de los diferentes tipos y niveles de riesgo.

El análisis de riesgos implica la consideración de las causas y las fuentes de riesgo, sus consecuencias positivas y negativas y la probabilidad de que esas consecuencias pueden ocurrir. Factores que afectan a las consecuencias y los riesgos debe ser identificado.

El riesgo es analizado mediante la determinación de las consecuencias y la probabilidad, y otros los atributos de los riesgos.

Un evento puede tener múltiples consecuencias y puede afectar a múltiples objetivos. Existentes los controles y su eficacia y eficiencia también debe tenerse en cuenta.

La forma en que las consecuencias y la probabilidad se expresan y la forma en que se combinan para determinar un nivel de riesgo debe reflejar el tipo de riesgo, la información disponible y de la finalidad para la que la salida de la evaluación de riesgos se va a utilizar. Todo ello debe ser coherente con los criterios de riesgo. También es importante a considerar la interdependencia de los diferentes riesgos y sus fuentes.

La confianza en la determinación del nivel de riesgo y su sensibilidad a las condiciones previas y las hipótesis deben ser considerados en el análisis, y comunicarse eficazmente a los tomadores de decisiones y, en su caso, de otros las partes interesadas.

Factores tales como la divergencia de opinión entre los expertos, la incertidumbre, la disponibilidad, calidad, cantidad y la continuidad de la relevancia de la información, o limitaciones sobre la modelización debería ser declarada, y se pueden resaltar.

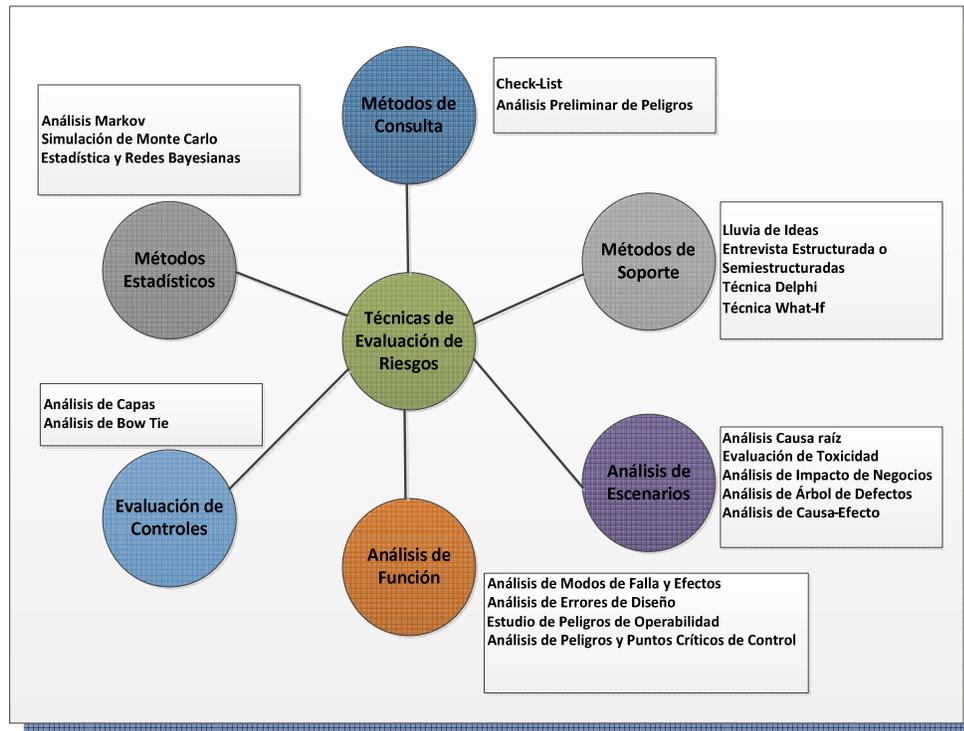
El análisis de riesgos puede llevarse a cabo con diferentes grados de detalle, dependiendo del riesgo, el objetivo del análisis y la información, datos y recursos disponibles. El análisis puede ser cualitativo, cuantitativo o semi-cuantitativo, o una combinación de estos, dependiendo de las circunstancias. Consecuencias y la probabilidad puede ser determinada por la modelización de los resultados de un evento o serie de eventos, o por extrapolación de los

estudios experimentales o de los datos disponibles. Las consecuencias pueden ser expresadas en términos de efectos tangibles e intangibles. Ver la figura 2.3

En algunos casos, más de un valor numérico o descriptor es especificar las consecuencias y la probabilidad para distintos momentos, lugares, grupos o situaciones.

El propósito de la evaluación de riesgos es ayudar en la toma de decisiones, basada en los resultados de análisis de riesgos, sobre riesgos que necesitan tratamiento y la prioridad para la aplicación del tratamiento.

Figura 2.3: Técnicas de Evaluación de Riesgos



Fuente: Confección propia

Evaluación de los riesgos supone la comparación del nivel de riesgo identificado durante el proceso de análisis, con criterios de riesgo establecidos en la etapa del contexto. Basándose en esta comparación, aparece la necesidad de considerar el tratamiento del riesgo.

Las decisiones deben tener en cuenta el contexto más amplio del riesgo y de incluir la consideración de la tolerancia de los riesgos asumidos por otras partes de la organización que se beneficia de los riesgos. Las decisiones deben tomarse en conformidad con los requisitos legales, reglamentarios y otros.

En algunas circunstancias, la evaluación del riesgo puede llevar a una decisión de proceder a su posterior análisis. La evaluación del riesgo también puede dar lugar a una decisión de tratar el riesgo en la forma de mantener los controles existentes. Esta decisión se verá influida por la actitud de riesgo de la organización y los criterios de riesgo que han sido.

En la selección de técnicas de evaluación se deben tener las siguientes características:

- Justificable y apropiado a la situación o la organización.
- Proveer una forma que permita la comprensión de la naturaleza del riesgo y como puede ser tratado.
- Capaz de empleo de una manera que sea detectable, repetible y comprobable.

Las técnicas se seleccionan basadas en factores como:

- Objetivos del estudio.
- Necesidades de funcionarios con poder de decisión.
- Tipo de riesgos que están siendo analizados.
- Magnitud potencial de las consecuencias.
- Grado de experiencia, humano y otros recursos necesarios.
- Disponibilidad de información y datos.
- Necesidad de modificación/puesta al día de la evaluación de riesgo.

En la tabla 2.2, se presenta dos grupos, de las diversas técnicas presentadas en la figura 2.3. Su aplicación en Finanzas (F), Manufactura y Construcción (MC), Materia Prima y Agricultura (A) y Transporte, Comunicaciones, Electricidad y Tecnología (T).

Tabla 2.2: Técnicas y su aplicación

Grupo	Técnica	F	MC	A	T
Evaluación de Controles	Análisis de Capa de Protección		x	x	x
	Análisis de Bow Tie		x		x
Métodos Estadísticos	Análisis de Markov	x	x		x
	Simulación Monte Carlo	x	x		x
	Estadística y Redes Bayesianas	x			x

Fuente: Confección propia

La Estadística y las redes Bayesianas, son utilizadas en el requerimiento de capital para el riesgo operacional; donde se considera la suma del promedio de los ingresos netos positivos de los últimos 3 años ponderados por un factor. Así por ejemplo existen ocho líneas de negocios, donde el requerimiento operacional se calcula como RCRO. El parámetro E es el indicador de exposición en cada línea de negocio, vale el porcentaje a invertir.

Línea de negocio	β_i Estándar
Finanzas corporativas	18%
Negociación y ventas	18%
Banca minorista	12%
Banca comercial	15%
Pago y liquidación	18%
Servicios de agencia	15%
Administración de activos	12%
Intermediación minorista	12%

$$RCRO = \sum_{i=1}^N EI_i * \beta_i$$

En el caso de la simulación Monte Carlo, este es un método estadístico que combina todas las posibles combinaciones derivadas de parámetros de un proyecto. El método Monte Carlo es un método que hace uso de procesos no determinísticos o estadísticos numéricos, con la finalidad de para estimar expresiones matemáticas complejas y costosas de evaluar con exactitud.

La simulación de Monte Carlo fue creada para resolver integrales que no se pueden resolver por métodos analíticos. Es un proceso computacional que se basa en los números aleatorios para derivar un resultado, por lo que en vez de tener entradas con puntos dados, se asignan distribuciones de probabilidad

a alguna o todas las variables de entrada. Esto, generará una distribución de probabilidad para una salida después de una corrida de la simulación.

Existen varios programas o software que realizan análisis de riesgos, vía el método Monte Carlo, para evaluar los posibles escenarios en la realización de un proyecto. Entre ellos está el programa @Risk, el cual permite ver todos los resultados posibles de una situación, e indica la probabilidad de que ocurran. También es muy utilizado Crystall Ball.

Capítulo III

Metodología para la Gestión del Riesgo de Proyectos

La Gestión de Proyectos es una actividad importante en muchas organizaciones, especialmente las dedicadas a la Ingeniería, convirtiéndose en una pieza fundamental en la consecución de los objetivos. Más allá de la labor organizativa necesaria en todo proyecto, cada vez se otorga mayores expectativas al desempeño de su gestión, conscientes de que permite lograr una optimización con grandes beneficios directos.

Una de las áreas de conocimiento, el riesgo es una de las menos difundidas, operativa y práctica, debido probablemente a su intangibilidad, variedad y complejidad. Existen multitud de complejas teorías probabilísticas que modelan fenómenos como el riesgo, pero carecen de la operatividad necesaria para el día a día de las organizaciones. Esto, prácticamente ha llevado a la mayoría de las gerencias de proyectos a tratar el riesgo de manera superficial, relegándolo para su resignación al no contar con herramientas pertinentes.

3.1 Gestión del Riesgo del Proyecto

Desde tiempos inmemoriales ha habido la necesidad de realizar la gestión, control y seguimiento de tareas. El trabajo generalmente involucra operaciones o proyectos, y aunque se puedan solapar, comparten muchas características:

- Desarrollados por personas.
- Limitados por recursos escasos.
- Planeados, ejecutados, y controlados.

Las operaciones y los proyectos difieren principalmente en que las operaciones son sucesivas y repetitivas, mientras que los proyectos son temporales y únicos. Un proyecto por lo tanto puede ser definido en término de sus características distintivas, como una tarea temporal desarrollada para crear un producto o servicio único.

3.1.1 Planificación

La Gestión de los Riesgos del Proyecto incluye los procesos relacionados con llevar a cabo la planificación de la gestión, la identificación, el análisis, la planificación de respuesta a los riesgos, así como su monitoreo y control en un proyecto. Los objetivos de la Gestión de los Riesgos del Proyecto son aumentar la probabilidad y el impacto de eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de eventos negativos para el proyecto.

Para la definición del Alcance del proyecto, es prioritario, la participación del equipo de Proyecto, quienes a través del análisis del producto requerido, definen todos los componentes necesarios para cumplir las expectativas del cliente y en caso no estén contempladas, plantearlas como potenciales órdenes de cambio. Ver la figura 3.1.

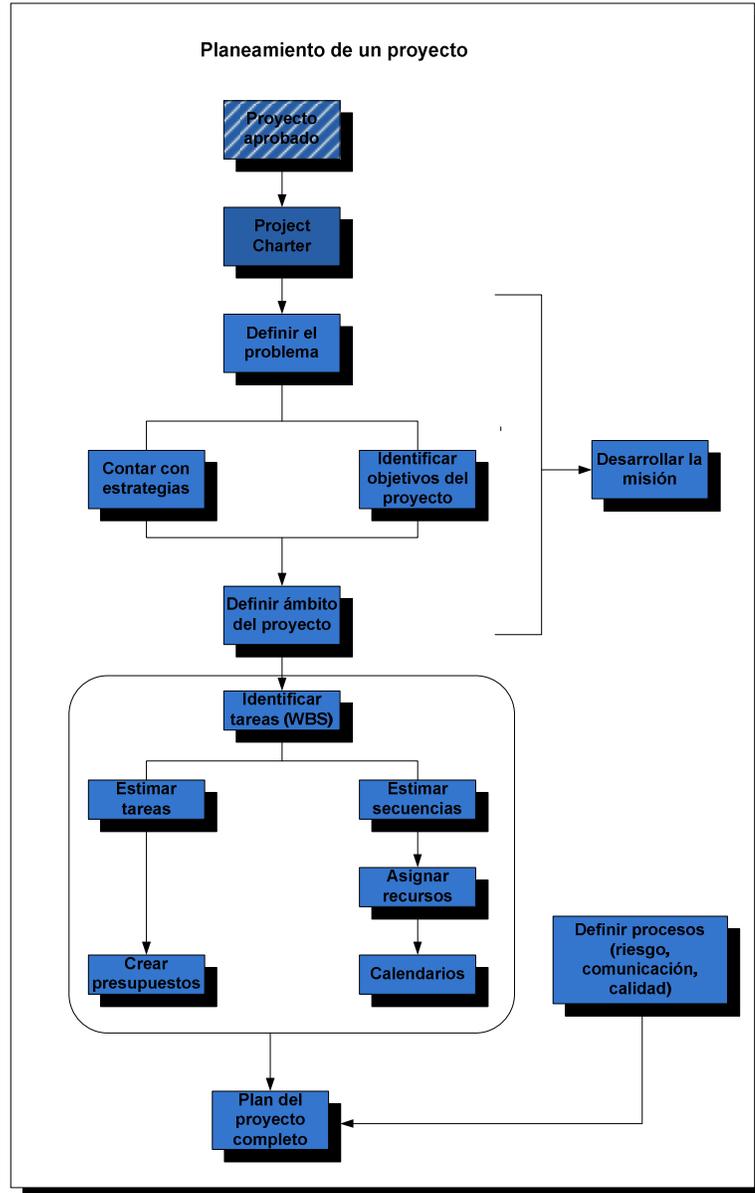
Como parte de la definición del alcance y en base a la propuesta ofrecida y aprobada por el cliente, se debe definir los estudios complementarios y/o asesorías que sean necesarias para el desarrollo de la ingeniería.

Como resultado de este análisis, se desarrolla el Enunciado del Alcance, (ver la figura 3.2) que incluye la siguiente información:

- **Objetivos del proyecto:** Se identifican los criterios medibles del éxito (costo, plazo, etc.).
- **Descripción del alcance del producto:** Describe las características del producto, servicio o resultado para el cual se creó el proyecto. Estas características incrementan en detalle a medida que el proyecto avanza.
- **Requisitos del proyecto:** Describe las condiciones que deben cumplir los entregables del proyecto para satisfacer los criterios objetivos (contrato, especificaciones, normas) y subjetivos (expectativas de clientes).
- **Límites del proyecto:** Establece lo que está incluido y excluido del proyecto a cargo de la organización.

- Criterios de aceptación del producto: Define los criterios bajo los cuales se acepta el producto.
- Restricciones del proyecto: Son las condiciones establecidas en el contrato que limitan las decisiones de la Gerencia, como presupuestos o fechas límites.
- Premisas del proyecto: Especifica las premisas del proyecto relacionadas al alcance, que deben ser consultadas al cliente en caso de que tengan un impacto considerable en el mismo de resultar falsas.
- Especificaciones del proyecto: Se especifican documentos requeridos para realizar el producto.

Figura 3.1: Planeamiento de un proyecto



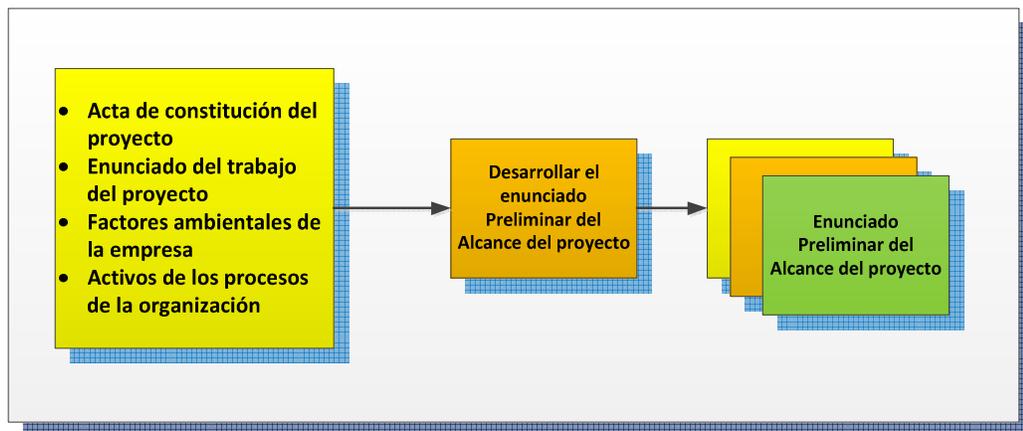
Fuente: Adaptado PMBOK

El WBS del Proyecto: Luego de la definición del Enunciado del alcance, se debe desarrollar el (*Work Breakdown Structure*) **WBS**, que es una estructura gráfica que permite que el 100% del trabajo bajo la responsabilidad de la organización, se divida en partes ejecutables y medibles, facilitando el trabajo de la supervisión y de los ejecutantes.

Además de servir como la base para las herramientas de control del costo y plazo.

En el caso de un Proyecto en Obras Civiles, el WBS de Ingeniería debe ser desarrollado considerando el WBS de Construcción, definiendo las disciplinas que se ven involucradas para cada uno de los componentes del WBS.

Figura 3.2: Proceso de inicialización



Fuente: Adaptado PMBOK

La Lista de Entregables: Una vez que se ha definido el Enunciado del Alcance y el WBS del Proyecto, son los Líderes de Disciplina, los responsables de establecer la Lista de Entregables, los Criterios de Diseño y las Especificaciones Técnicas para cada una de las disciplinas involucradas. Estas actividades son desarrolladas con mayor detalle, en el documento Procedimiento de Elaboración del Diseño.

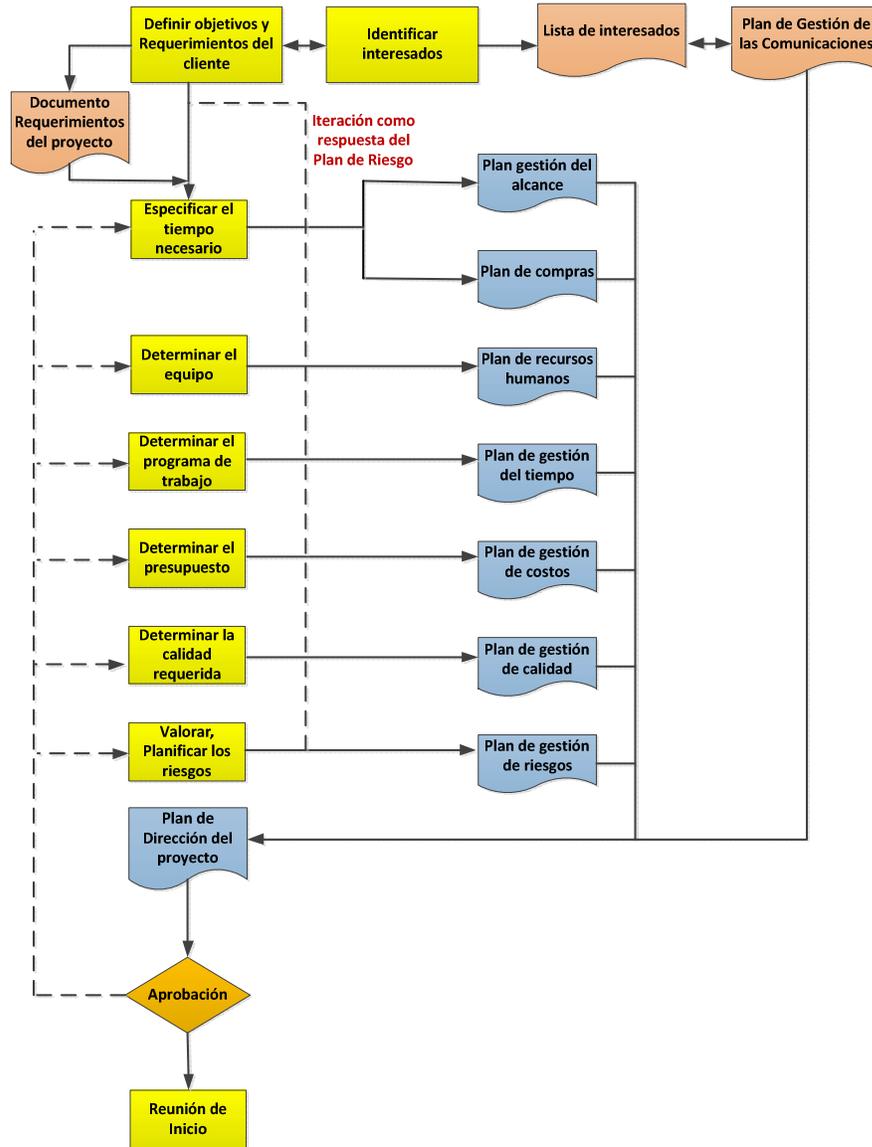
Una vez que se ha definido el alcance del Proyecto y el WBS del mismo, el Gerente de Ingeniería, debe establecer la agrupación de componentes del WBS, que permita definir qué parte del alcance del proyecto, será desarrollado por la organización y que parte del alcance será subcontratado.

Estos paquetes de trabajo deben ser definidos según las estrategias que se vayan a utilizar para desarrollar el alcance del proyecto, por ejemplo: por disciplinas, por áreas de construcción, por magnitud de trabajo, etc.

En el caso de un proyecto de Obras Civiles, el Gerente de Ingeniería, debe coordinar con el Gerente de Construcción y el Gerente de Proyecto, para determinar los posibles Paquetes de Trabajo, ya que se podría realizar la subcontratación solo para Ingeniería o Construcción, o la subcontratación de Obras Civiles.

Una vez que se haya definido los Paquetes de Trabajo, el Gerente de Ingeniería debe desarrollar el Plan de Subcontratación, con los lineamientos necesarios para el Proceso de Subcontratación. Estas actividades son desarrolladas con mayor detalle, en el documento Procedimiento de Elaboración del Diseño. En la figura 3.3 se destaca la actividad del Plan de Gestión de Riesgos.

Figura 3.3: Plan de gestión en planificación



Fuente: Adaptado PMBOK

3.1.2 Gestión del riesgo

Según *Project Management Institute* (PMI) en el libro *Project Management Book of Knowledge* (PMBOK) se entiende por incertidumbre y riesgo:

- Incertidumbre: Ausencia de información o conocimiento respecto a una acción, decisión o evento.
- Riesgo: Cantidad de incertidumbre existente.

Según el PMI, “Los riesgos del proyecto proceden de acontecimientos que, de ocurrir, pueden tener un efecto negativo o positivo sobre los objetivos del proyecto. Los riesgos tienen una causa, y si se producen, generan un impacto. El riesgo incluye una amenaza para el cumplimiento de los objetivos del proyecto y, a la vez, una oportunidad de mejora de estos objetivos”. La definición viene a escenificar los riesgos como fuentes de incertidumbres, no necesariamente negativos, por lo que su identificación, evaluación y control se convierte en un aspecto fundamental.

Una aproximación válida para la Gestión del Riesgo es la identificación de las amenazas existentes y la cuantificación de la severidad de las mismas (probabilidad de ocurrencia e impacto)

La Gestión de los Riesgos del Proyecto incluye los procesos relacionados con llevar a cabo la planificación de la gestión, la identificación, el

análisis, la planificación de respuesta a los riesgos, así como su monitoreo y control en un proyecto. Los objetivos de la Gestión de los Riesgos del Proyecto son aumentar la probabilidad y el impacto de eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de eventos negativos para el proyecto.

Para las amenazas de mayor severidad se puede optar por diseñar una respuesta que siga alguna de las siguientes estrategias:

- Evitar la amenaza siguiendo otro camino.
- Transferir la responsabilidad del riesgo a otra persona.
- Asumir la existencia del riesgo y solo actuar si este aparece.
- Prevenir para intentar reducir la probabilidad de ocurrencia.
- Intentar mitigar el impacto.
- Realizar un plan de contingencia y definir las acciones a llevar a cabo en caso de materializarse el riesgo.

Uno de los puntos más difíciles de abordar y que mayor riesgo puede presentar son las estimaciones de tiempo. Una técnica comúnmente utilizada para intentar reducir este riesgo es el uso del PERT: *Program Evaluation and Review Technique*.

El PERT intenta integrar la variabilidad de las estimaciones, obligando a definir para cada actividad:

- Una estimación pesimista.
- Una estimación optimista.
- La estimación más probable.

En base a estos 3 parámetros, se realiza el siguiente cálculo:

$$\text{Ajuste al riesgo} = (\text{Pesimista} + \text{Optimista} + 4 \cdot \text{Más probable}) / 6$$

Los procesos de Gestión de los Riesgos del Proyecto son los siguientes:

1. Planificar la Gestión de Riesgos.
2. Identificar los Riesgos.
3. Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos.
4. Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos.
5. Planificar la Respuesta a los Riesgos.
6. Monitorear y Controlar los Riesgos.

Estos procesos interactúan entre sí y con los procesos de las otras áreas de conocimiento.

Cada proceso puede implicar el esfuerzo de una o más personas, dependiendo de las necesidades del proyecto. Cada proceso se ejecuta por lo menos una vez en cada proyecto y en una o más fases del proyecto, en caso de que el mismo esté dividido en fases. Aunque los procesos se presentan aquí

como elementos diferenciados con interfaces bien definidas, en la práctica se superponen e interactúan de formas que no se detallan aquí.

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. Por ejemplo, las causas podrían ser el requisito de obtener un permiso ambiental para realizar el trabajo, o contar con una cantidad limitada de personal asignado para el diseño del proyecto

El evento de riesgo es que el permiso puede tardar más de lo previsto en emitir el permiso o, en el caso de una oportunidad, que la cantidad limitada de personal disponible asignado al proyecto pueda terminar el trabajo a tiempo y, por consiguiente, realizar el trabajo con una menor utilización de recursos. Si alguno de estos eventos inciertos se produce, puede haber un impacto en el costo, el cronograma o el desempeño del proyecto. Las condiciones de riesgo podrían incluir aspectos del entorno del proyecto o de la organización que pueden contribuir a poner en riesgo el proyecto, tales como prácticas deficientes de dirección de proyectos, la falta de sistemas de gestión

integrados, la concurrencia de varios proyectos o la dependencia de participantes externos que no pueden ser controlados.

El plan de gestión consiste en las directrices fruto del proceso de decisión de cómo llevar a cabo la gestión respecto al riesgo. Aquí se define la toma de decisiones respecto a los riesgos en consonancia con los criterios organizacionales, disponibilidad de recursos, definición de las fuentes de información, seleccionando de las técnicas apropiadas para todo ello.

Como principales entradas, se tiene el plan de proyecto, que incluye el alcance, planificación temporal y económica. Desde un punto de vista superior, el aspecto organizacional podrá determinar la categorización de los riesgos, el enfoque corporativo para cada uno de ellos si existe (niveles admisibles de tolerancia), o roles y responsabilidades fijados en la organización de antemano.

Identificar los Riesgos, consiste en determinar los riesgos que pueden afectar el proyecto y la documentación de sus características. Entre las personas que participan en la identificación de riesgos se pueden incluir: el director del proyecto, los miembros del equipo del proyecto, el equipo de gestión de riesgos (si está asignado), clientes, expertos en la materia externos al equipo del proyecto, usuarios finales, otros directores del proyecto, interesados y expertos en gestión de riesgos. Si bien estas personas son a menudo participantes clave en la identificación de riesgos, se debería fomentar la identificación de riesgos por parte de todo el personal del proyecto.

La Identificación de los Riesgos es un proceso iterativo debido a que se pueden descubrir nuevos riesgos o pueden evolucionar conforme el proyecto avanza a lo largo de su ciclo de vida. La frecuencia de iteración y quiénes participan en cada ciclo varía de una situación a otra. El formato de las declaraciones de riesgos debe ser consistente para asegurar la capacidad de comparar el efecto relativo de un evento de riesgo con otros eventos en el marco 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.

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. Las organizaciones pueden mejorar el desempeño del proyecto concentrándose en los riesgos de alta prioridad. El proceso Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos evalúa la prioridad de los riesgos identificados usando la probabilidad relativa de ocurrencia, el impacto correspondiente sobre los objetivos del proyecto si los riesgos se presentan, así como 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 cuanto a costos, cronograma, alcance y calidad.

El principal uso de la clasificación es que permite discriminar de manera muy rápida el conjunto de riesgos, especialmente útil cuando se necesita estar en muchos lugares con muchos ojos. Con toda esta información se ha de actualizar el plan de gestión de riesgos, reflejando todo lo anterior.

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. 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 esos eventos de riesgo.

Puede utilizarse para asignar a esos riesgos una calificación numérica individual o para evaluar el efecto acumulativo de todos los riesgos que afectan el proyecto. También presenta un enfoque cuantitativo para tomar decisiones en caso de incertidumbre.

Por lo general, el proceso Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos se realiza después del proceso Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos. En algunos casos, es posible que el proceso Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos no sea necesario para desarrollar una respuesta efectiva a los riesgos. La disponibilidad de tiempo y presupuesto, así como la necesidad de declaraciones cualitativas o cuantitativas acerca de los riesgos y sus impactos, determinarán qué métodos emplear para un proyecto en particular.

El proceso Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos debe repetirse después del proceso Planificar la Respuesta a los Riesgos, así como durante el proceso Monitorear y Controlar los Riesgos, para determinar si se ha reducido satisfactoriamente el riesgo global del proyecto. Las tendencias pueden indicar la necesidad de más o menos acciones en materia de gestión de riesgos.

Entre los principales métodos de análisis cuantitativo se mencionan:

- **Árboles de decisión:** Este método permite analizar decisiones secuenciales basadas en el uso de resultados y probabilidades. Una de las características de este método es que tiene una representación gráfica muy intuitiva, tratándose de un conjunto de sucesiones de izquierda a derecha que reflejan el proceso de decisión sobre los riesgos identificados. Los árboles de decisión pueden usarse tanto para valorar decisiones económicas como de planificación temporal.
- **Modelado y Simulación:** Se propone el modelado y la simulación como una técnica aplicable en el campo de los riesgos, pero si está es convenientemente desarrollada puede ser perfectamente válida para integrar las tres áreas de conocimiento expuestas. De hecho, la integración de los elementos tiempo, coste y riesgo es más que conveniente si lo que se desea es crear un método junto a una herramienta que brinde información de la mayor calidad posible.

3.2 Modelado y simulación

El modelo es la abstracción de la realidad, diseñado con fines de representar, conocer y predecir propiedades del mundo real (objetos o procesos). La finalidad de los modelos es el estudio con una mayor facilidad, permitiendo la deducción de propiedades de observar o cuantificar en la realidad.

Mediante la simulación, se puede experimentar con las réplicas de diferentes escenarios que proporcionan información de cómo actúa. Estos escenarios son la alteración de los diferentes elementos que componen el modelo; en algunas ocasiones modificando todos los elementos, y en otras manteniendo algunos elementos constantes para ver el efecto marginal de otros.

3.2.1 Simulación Monte Carlo

La primera técnica cuantitativa de la administración moderna de proyecto, relacionada con los tiempos o plazos del proyecto fue el diagrama de Gantt, desarrollada por Henry Gantt en 1917. En la búsqueda de nuevas herramientas, a mediados de los años 1950, el proyecto Polaris desarrolló la técnica PERT (*Program Evaluation Review Technique*).

En los años 1950 se desarrolló la técnica de planificación y administración de Du Pont. La técnica CPM (*Critical Path Method*), CPM fue mejorada utilizando el método de simulación de Monte Carlo. De esta manera la estimación de los tiempos o plazo de cada tarea aplicando la técnica de Monte Carlo dio lugar a la técnica de CPM estocástico, la cual es ahora la metodología preferida para evaluar el riesgo en la estimación del tiempo en la administración de proyectos.

Un proyecto de obra civil no es la excepción, dicho proyecto en su ejecución está sujeto a factores que tienden a alterar la duración de las actividades que la componen, dichos factores como los internos: faltas en el personal, bajo rendimiento y factores externos como alteraciones climáticas, falla en el suministro de los materiales; estos factores son difíciles de predecir por la gerencia del proyecto, lo cual ocasiona que se tenga un alto grado de incertidumbre en lo que respecta a la determinación de los tiempos de duración de cada una de las actividades del proyecto, lo cual como se dijo anteriormente, repercute directamente en el costo total del proyecto.

En particular, los modelos de simulación permiten simular la evolución en el tiempo del sistema de interés, incluyendo los sucesos aleatorios que pueden influir en tal evolución. Para estudiar el comportamiento del sistema simulado se emplean técnicas y métodos de estadística, tales como estimación de parámetros y determinación de intervalos de confianza. Tal enfoque se conoce como método de Monte Carlo.

La simulación de Monte Carlo es una técnica que combina conceptos estadísticos (muestreo aleatorio) con la capacidad que tienen las computadoras para generar números pseudoaleatorios y automatizar cálculos. Los orígenes de esta técnica están ligados al trabajo desarrollado por Stan Ulam y John Von Neumann a finales de los 40 en el laboratorio de Los Alamos, cuando investigaban el movimiento aleatorio de los neutrones.

Es esencial la asociación de la incertidumbre con las duraciones y costos de las actividades individuales de un proyecto. Esto permite establecer los presupuestos y pronósticos en forma realista.

Si la incertidumbre no es considerada en la etapa del planeamiento entonces las dificultades en materia de costos y tiempos pueden ser una seria arista durante la etapa de la implementación.

Las repetidas pruebas con la simulación Monte Carlos, integrada con la red del proyecto y la ruta crítica, ofrecen un efectivo método para la integración del riesgo en el desarrollo del proyecto y el análisis de costos.

Duraciones y costos individualizados para las actividades, son la entrada a la simulación tal como ocurre con las distribuciones de probabilidades o posibles rangos que reflejen el incompleto conocimiento, incertidumbre o el nivel de desconocimiento, antes que simples estimaciones determinísticas.

El modelado probabilístico del riesgo y las técnicas de la simulación, son útiles para establecer el planeamiento de un proyecto. El método de la simulación Monte Carlo tiene sus raíces en Daniel Bernoulli, quien hace de 250 años, realizó las pruebas de Bernoulli, estableciendo las bases estadísticas de los eventos asociados con la incertidumbre.

En el modelo presentado en la presente investigación, se aplica la simulación Monte Carlo a la red de proyectos PERT/CPM y el análisis de la ruta crítica a fin de obtener resultados, basados en un gran número de pruebas.

El tratamiento de un proyecto como una red de actividades, tiene como resultante la suma de todas las actividades. La longitud del tiempo que toma para una actividad puede ser crucial para que una actividad sea crítica o no, y la simulación deberá responder a las siguientes preguntas:

- Cuáles son los riesgos asociados con un costo y tiempo específico.
- Cuál es el impacto de cambiar los costos o tiempos de una actividad, en todo el proyecto.
- Cuándo un proyecto podrá ser completado.
- Se puede entregar el proyecto en un tiempo y con un determinado presupuesto.

Con el análisis de la salida producida por la simulación; la calidad de las respuestas, pueden proveer una mejora en la Gestión del Riesgo.

3.2.2 El problema

La Gestión de los Riesgos es una parte integral de la dirección del proyecto, siendo un elemento clave en el proceso de toma de decisiones. Cualquier empresa que vaya a comenzar un nuevo proyecto se enfrenta al reto de invertir dinero en personal, equipamiento e instalaciones, formación, suministros y gastos financieros. El mejor modo de evitar el fracaso del proyecto, que en ocasiones puede llegar a originar la ruina de la organización, es la utilización de ciertas herramientas que permiten gestionar los riesgos.

Se entiende por riesgo en un proyecto, un evento o condición que, si ocurre, tiene un efecto sobre los objetivos del proyecto. Los riesgos pueden ser positivos o negativos. Los riesgos negativos influyen negativamente sobre alguno o varios objetivos del proyecto, como por ejemplo:

- Aumento de los costos del proyecto
- Retrasos de proyecto.
- Disminución de calidad.
- Impacto en el medio ambiente.
- Pérdida o daños a personas o propiedades.
- Otros.

La contingencia del costo de inversión de un proyecto es una provisión de fondo de dinero destinado a costos imposibles de identificar y que son

inherentes a cada proyecto, debido a la dinámica de la ingeniería y construcción. Esta provisión se estima que se gastará a medida que se implemente el proyecto. La ocurrencia permanente y sistemática de eventos inciertos durante el desarrollo de un proyecto ha demostrado que rara vez las estimaciones iniciales para un proyecto, en cuanto a costos y plazos, se cumplan.

Por lo tanto, con el objeto de incorporar en la estimación del presupuesto de inversión los riesgos e incertidumbres a los cuales el proyecto está expuesto (incertidumbres de las condiciones reales del terreno, variabilidad de precios según las condiciones de mercado, ocurrencia de eventos climáticos, sociales, operacionales, naturales, entre otros), se ha desarrollado la metodología para incorporarlos en el costo de inversión y establecer un costo de inversión probabilístico, donde los posibles valores que pueda alcanzar el presupuesto están asociados a una probabilidad de ocurrencia.

Provisión de escalamiento, es una provisión que cubre el aumento proyectado de costos durante el horizonte de ejecución del proyecto de los principales componentes del proyecto, tales como: mano de obra de ingeniería, equipos, materiales, equipos de construcción, sub contratos, etc.

Provisión de evento de todo el proyecto, es una provisión que cubre los costos asociados a los retrasos de los plazos de las distintas actividades del cronograma base del proyecto. Dicho análisis consideró las actividades más

críticas del cronograma del proyecto, identificándose las incertidumbres y estableciéndose para cada partida valores más pesimistas y optimistas.

Contingencia estocástica, es una provisión que cubre las incertidumbres que pudieran afectar la estimación de las cantidades de obras del proyecto y las dispersiones de la estimación de los precios. Dicho análisis consideró la dispersión de las cantidades y precios de cada componente en la base de datos obtenidos de licitaciones anteriores, base datos históricos de CESEL en Proyectos de centrales hidráulicas en el Perú y Ecuador, en base a opinión de expertos, donde se establecieron sus rangos de variación (estimación optimista, estimación media, estimación pesimista).

Con la utilización del software Crystal Ball, que hace uso del método de Monte Carlo, se procesaron múltiples iteraciones en la que cada parte de obra tomó distintos valores posibles en concordancia con su correspondiente función de distribución probabilística. Lo anterior equivale a simular matemáticamente la ejecución de múltiples proyectos, que cumplen con las condiciones establecidas.

Se obtuvieron así tantos costos de inversión como iteraciones se realizaron y con cuyos valores se generó una función de distribución continua y su correspondiente curva de probabilidad de ocurrencia acumulada (probabilidad de no excedencia).

Del análisis de riesgo e incertidumbre, se ha determinado el costo de inversión probabilístico del proyecto de Obras Civiles, con una probabilidad de ocurrencia del 90%.

3.2.3 Simulación Monte Carlo

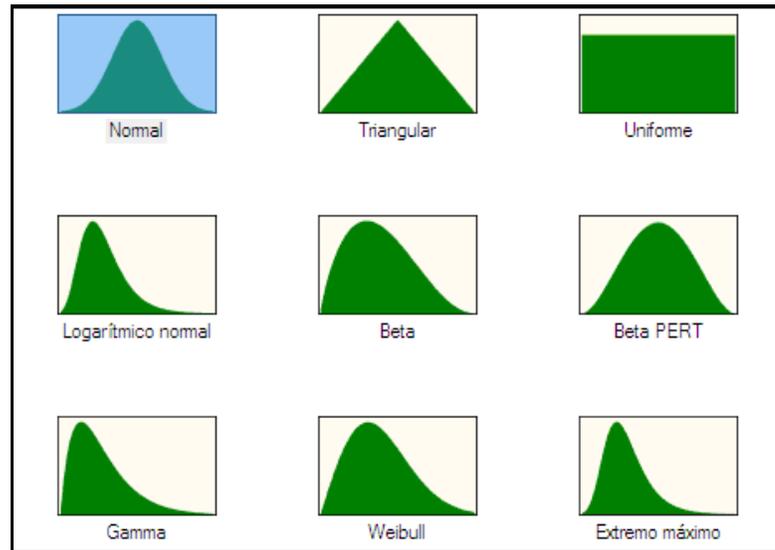
Es necesario considerar cada actividad del proyecto y decidir cuánto es el nivel de confianza que deberá ser colocado en los estimados de costos y tiempos.

Las distribuciones de probabilidades son frecuentemente extrapoladas desde los estimados de tres puntos.

Por ejemplo una estimado optimista o bajo corresponde al percentil P10 o 10% del chance; un estimado central o más probable es la moda o la mediana P50 o 50%, y un estado alto o pesimista es P90 o 90% del chance.

Las estimaciones de las entradas son transformadas a distribuciones de probabilidades; por ejemplo beta, triangular, normal, uniforme, exponencial, entre otras. Con la finalidad de realizar las corridas para la simulación Monte Carlo. Ver la figura 3.4.

Figura 3.4: Distribuciones de Entrada

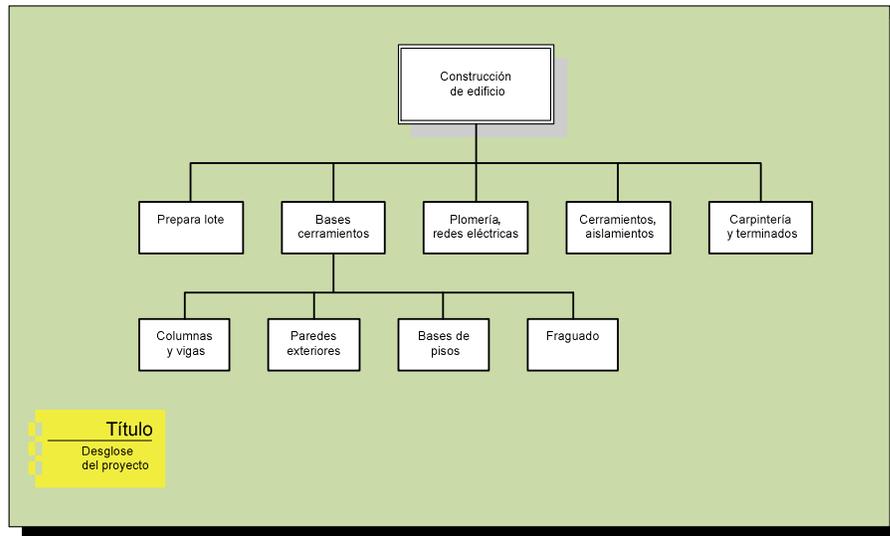


Fuente: Crystal Ball

Como la simulación de un modelo, define muestras individuales para cada una de las actividades mediante distribuciones de probabilidades. El decidir qué distribución es la adecuada, es de acuerdo a la regla: la vida de equipos está distribuida mediante la normal de probabilidades, la multiplicación de componentes corresponde, es a la distribución log normal. La distribución triangular y beta son usadas para aproximar un gran rango de tipos de distribuciones; donde la distribución beta, ofrece una mayor ponderación a los estimadores de tendencia central.

El trabajo que se plantea para aplicar la metodología de Gestión de Riesgos en Obras Civiles, es el que aparece en la figura 3.5.

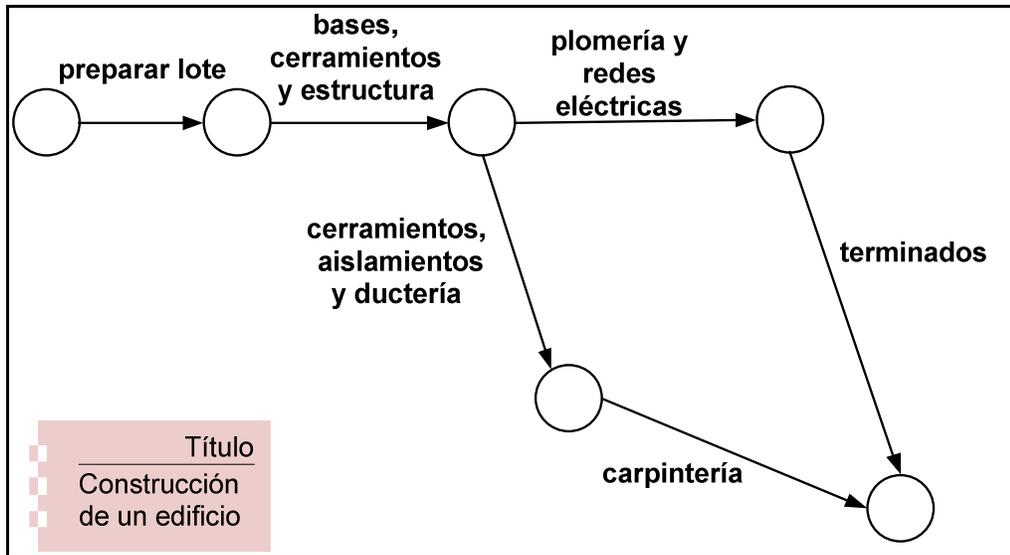
Figura 3.5: Construcción de edificio



Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.6, se presenta el respectivo diagrama de flechas del proyecto.

Figura 3.6: Diagrama de flechas del proyecto



Fuente: Elaboración propia

EL total de costos es de S/. 120,000.00. En la tabla 3.1, se presentan los costos y tiempos por cada una de las actividades. Los costos están basados en mano de obra, lo que genera por ejemplo que en el metrado para Preparar lote cada día está costando la cantidad de S/1000,00.

Tabla 3.1: Tiempos y costos de las actividades

Actividad	Tiempo (días)	Costo (S/.)
Preparar lote	15	15,000.00
Bases, cerramientos	10	20,000.00
Plomerías y redes eléctricas	20	25,000.00

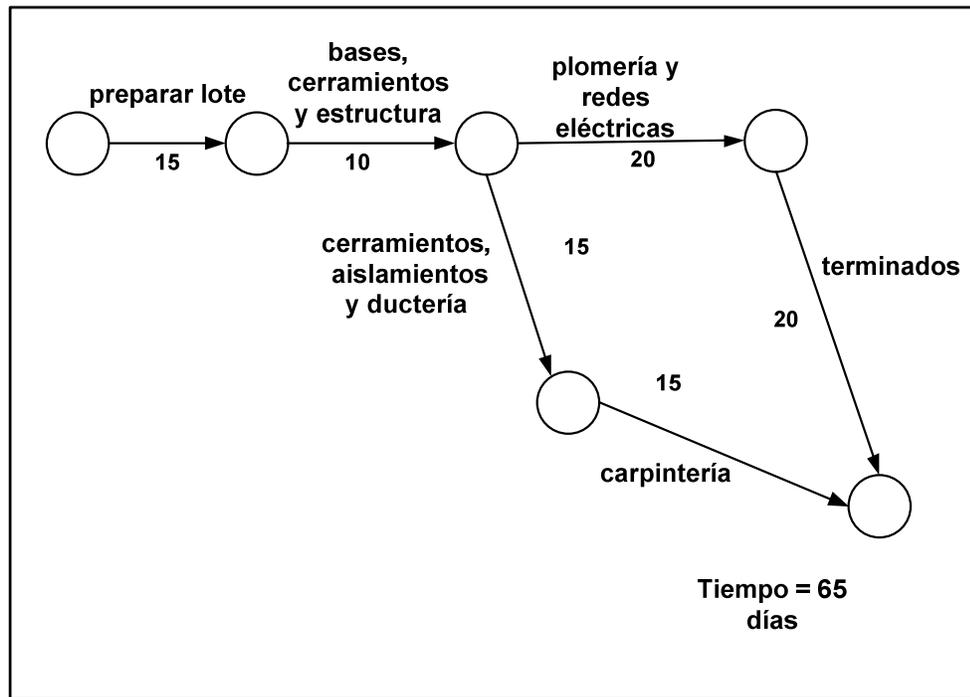
Cerramientos, aislamientos	15	10,000.00
Carpintería	15	20,000.00
Terminados	20	30,000.00
Total		120,000.00

Fuente: Elaboración propia

El tiempo de duración del proyecto, basado en tiempos determinísticos es de 65 días. Ver la figura 3.7.

Como el grupo Bases, cerramientos y estructura están compuestos por una serie de actividades, se investigará la sensibilidad de ese grupo de actividades.

Figura 3.7: Duración del proyecto

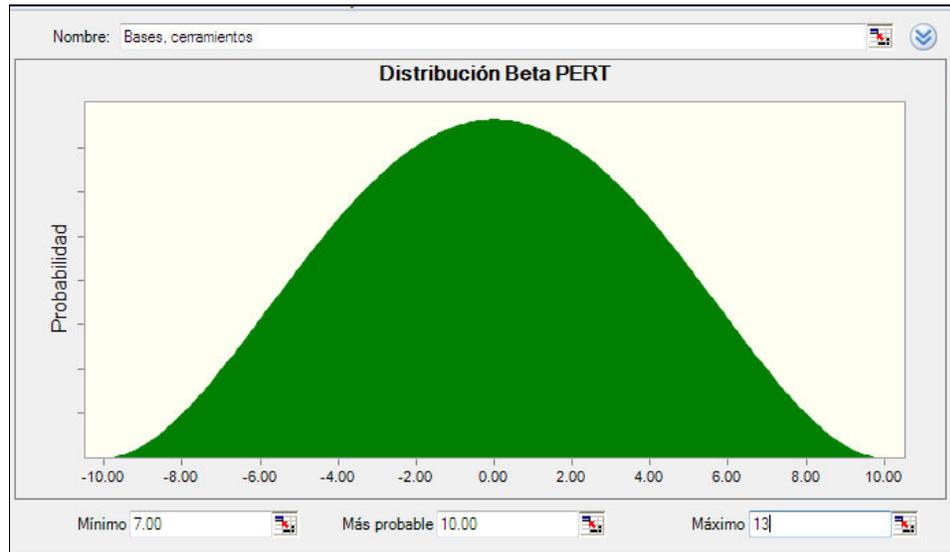


Fuente: Elaboración propia

En opinión de los ingenieros de obras, ésta actividad que se realiza en un tiempo de 10 días, tiene un tiempo optimista de 7 días, un tiempo probable de 10 días y el pesimista de 13 días. Lo que se concluye que la del grupo de actividades en mención tiene parámetros (7, 10, 13).

El ingreso de la distribución Beta PERT para el grupo de actividades Bases, cerramientos y estructura se presenta en la figura 3.8

Figura 3.8: Distribución Beta PERT



Fuente: Elaboración propia

El ingreso de las actividades y sus duraciones, como de las duraciones, la entrada de la distribución a asumir y el pronóstico, aparecen en la figura 3.9.

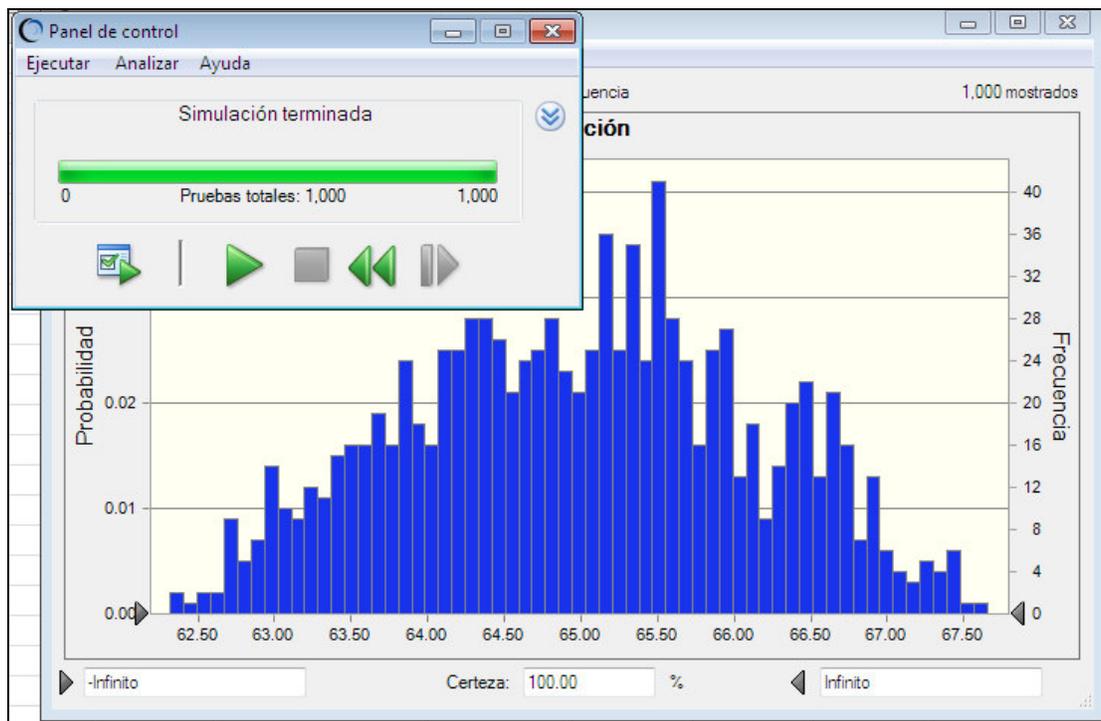
Figura 3.9: Disposición de los datos en Excel

Actividad	Duración	Tempranos
Preparar lote	15	15
Bases, cerramientos	0	15
Plomería	20	35
Cerramientos	15	30
Carpintería	15	45
Terminados	20	55
	Duración	55

Entrada
Pronostico

La ejecución de la hoja de cálculo con Crystal Ball, se resume con la figura 3.10.

Figura 3.10: Salida del programa Crystal Ball



Fuente: Elaboración propia

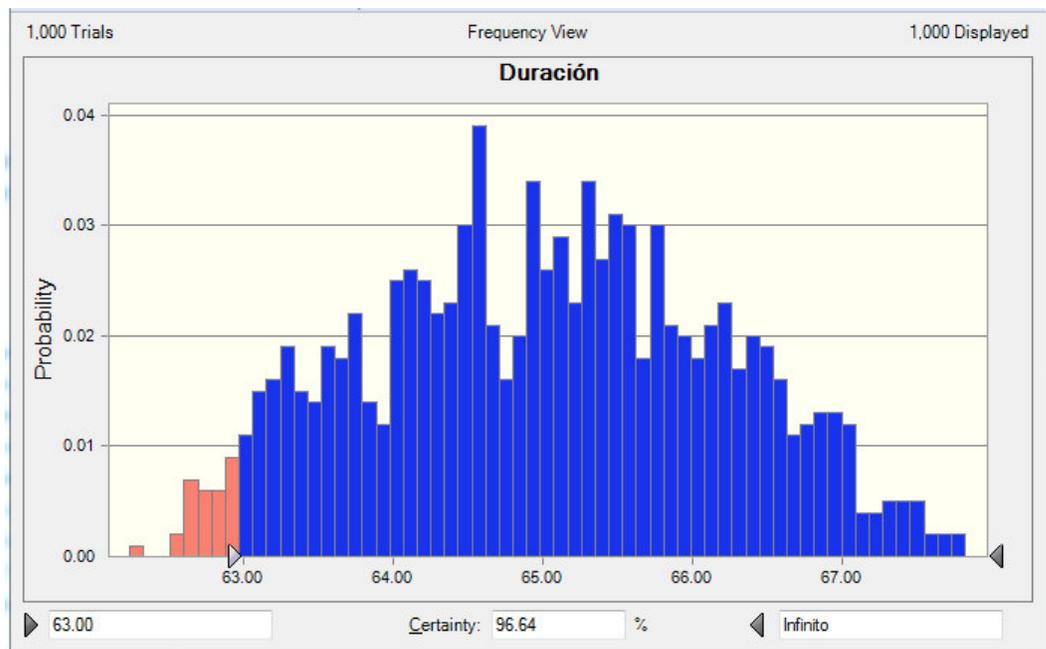
A continuación se utiliza Crystal Ball para determinar el grado de probabilidad estadística en relación con la obtención del objetivo.

Se encuentra que la probabilidad de que el proyecto termine en 63 días o más tiene el valor de 96.64%. Ver la figura 3.11.

La clave para usar Crystal Ball es definir ciertas celdas de entrada en la hoja de cálculo Excel como supuestos, y ciertas celdas de salida como

pronósticos. Una vez que ya se han definido las celdas, Crystal Ball utilizará la simulación Monte Carlo para modelar la complejidad de un escenario real.

Figura 3.11: Probabilidad de conseguir el objetivo



Fuente: Elaboración propia

El software Crystal Ball, mantiene un registro de los resultados de cada escenario. Crystal Ball es una herramienta analítica que ayuda a ejecutivos, analistas y otros a tomar decisiones al permitirles utilizar simulaciones en modelos de hoja de cálculo. Los pronósticos resultantes de estas simulaciones ayudan a cuantificar las áreas de riesgo para proveer a aquellos que toman decisiones la mayor cantidad de información posible y poder así respaldar decisiones inteligentes.

Las técnicas de la simulación de riesgos, complementan las técnicas determinísticas de las redes de proyectos tradicionales PERT/CPM, entregando la cuantificación del riesgo y sus respectivos análisis de sensibilidad.

Capítulo IV

Conclusiones y Recomendaciones

La importancia de gestionar los riesgos empresariales es innegable en la actualidad, por tanto, la necesidad de entender cómo hacerlo se hace cada vez más perentoria. Un primer paso, y quizás el de mayor importancia en la gestión de los riesgos, es identificarlos, lo cual habilita a las empresas para entenderlos y así poder manejarlos.

4.1 Conclusiones

1. Todas las actividades de una organización están sometidas de forma permanente a una serie de amenazas, lo cual las hace altamente vulnerables, comprometiendo su estabilidad. Accidentes operacionales, enfermedades, incendios u otras catástrofes naturales, son una muestra de este panorama, sin olvidar las amenazas propias de su negocio.
2. La gestión integral de riesgos ha ganado impulso en los últimos años, especialmente a partir de la década de los noventa, lo que ha conllevado la aparición de “Modelos de Gestión de Riesgos”, algunos de ellos de carácter más específico, como por ejemplo: ISO 14000, ISO 22000, OHSAS 18001, etc. y otros de carácter más global como la norma AS/NZS 4630 o la norma ISO 31000.
3. El riesgo es inherente a la empresa. Más específicamente, el riesgo justifica la existencia de las empresas, y legitima la existencia de los

beneficios corporativos. El beneficio generado por las empresas es una recompensa otorgada al inversor por la asunción de determinados riesgos.

4. La identificación de riesgos debe darse para los procesos, proyectos (además es parte de PMBOK, del PMI), cambios importantes en el negocio, sistemas, procesos, personas, y otros factores que pueden ser generadores de riesgos.
5. La Gestión de Proyectos es una actividad importante en muchas organizaciones, especialmente las dedicadas a la Ingeniería, convirtiéndose en una pieza fundamental en la consecución de los objetivos. Más allá de la labor organizativa necesaria en todo proyecto, cada vez se otorga mayores expectativas al desempeño de su gestión, conscientes de que permite lograr una optimización con grandes beneficios directos.
6. La Gestión de los Riesgos del Proyecto incluye los procesos relacionados con llevar a cabo la planificación de la gestión, la identificación, el análisis, la planificación de respuesta a los riesgos, así como su monitoreo y control en un proyecto. Los objetivos de la Gestión de los Riesgos del Proyecto son aumentar la probabilidad y el impacto de eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de eventos negativos para el proyecto.
7. Uno de los puntos más difíciles de abordar y que mayor riesgo puede presentar son las estimaciones de tiempo. Una técnica comúnmente

utilizada para intentar reducir este riesgo es el uso del PERT: *Program Evaluation and Review Technique*.

8. En el modelo presentado en la presente investigación, se aplica la simulación Monte Carlo a la red de proyectos PERT/CPM y el análisis de la ruta crítica a fin de obtener resultados, basados en un gran número de pruebas.

4.2 Recomendaciones

1. En el tratamiento de un proyecto como una red de actividades, el resultado es la suma de todas las actividades. La longitud del tiempo que toma para una actividad puede ser crucial para que una actividad sea crítica o no, y la simulación deberá responder a estas y otras preguntas.
2. Con la utilización del software Crystal Ball, que hace fácil el uso del método de Monte Carlo, se procesan múltiples iteraciones en la que cada parte de obra toma distintos valores posibles en concordancia con su correspondiente función de distribución probabilística.
3. Como la simulación de un modelo, define muestras individuales para cada una de las actividades mediante distribuciones de probabilidades. Es importante el decidir qué distribución es la adecuada.

Referencias Bibliográficas

1. Covey, S. R. "Seven Habits of Highly Effective People" A Fireside Book, Simon and Schuster, New York, NY.
2. Dinsmore, P.C. "Human Factors in Project Management" (Edición revisada), American Management Association, New York, NY.
3. La Guía del PMBOK®, Cuarta edición, 2008.
4. Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2010). "Metodología de la Investigación". México: Editorial Mc Graw-Hill.
5. Mejía, Rubí (2013). "Identificación de riesgo". Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT.