



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERIA CIVIL – CONSTRUCCION

**GERENCIA DE PROYECTO: ANÁLISIS Y EVALUACIONES DE RIESGO EN LA
CONSTRUCCIÓN.**

TESIS
QUE PARA OTORGAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
ISIDRO RODRÍGUEZ MENDOZA

TUTOR PRINCIPAL
M.I. MARCO TULIO MENDOZA ROSAS
FACULTAD DE INGENIERIA

CIUDAD DE MÉXICO, MAYO 2016.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Ing. Coyoc Campos Antonio Jesús

Secretario: Dr. Meza Puesto Jesús Hugo

Vocal: M.I. Mendoza Rosas Marco Tulio

1^{er.} Suplente: M. en I. Narcia Morales Carlos

2^{d o.} Suplente: M.I. Macuil Robles Sergio

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Ciudad de México, Posgrado de Ingeniería, C.U. UNAM.

TUTOR DE TESIS:

M.I. Mendoza Rosas Marco Tulio

FIRMA

Agradecimientos

Doy gracias a Dios, porque sin su consuelo y fortaleza nada podría ser.

Agradezco a mis amados padres, por confiar y nunca dudar de mí, porque a través de la distancia supieron reconfortarme en mis penas, reprender mis faltas, vindicar mis errores, sonreír mis alegrías y sobre todo por el gran apoyo y amor que hacen de esta unión algo inquebrantable entre nosotros.

A Haris y a Ricky, gracias por ser mis mejores amigos y mis más fieles cómplices, por nunca dejarme solo, por escuchar mis historias sin reprenderme y ser pacientes conmigo, por hacerme sonreír en cada suspiro y encada uno de mis pensamientos.

Al amor, porque es la inspiración que ríe y llora en el corazón, por enseñarme los mil colores de su cielo y la alegría de sus tristezas.

A mis queridos hermanos y amigos, que complementan mi familia y hacen de mi vida un cumulo enardecido de conocimientos.

A todos mis sinodales, por apoyarme en todo momento a pesar de cualquier adversidad.

A la UNAM y la FI, por abrirme sus puertas una vez más para el conocimiento y por ser mi alma mater, pues “Por mi raza hablará el espíritu”.

G R A C I A S.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	8
1. EL VALOR DEL RIESGO.....	9
1.1 EL RIESGO Y EL CONCEPTO DE VALOR.....	9
1.2 PROCESOS DE LA INGENIERÍA.....	10
1.3 OPORTUNIDADES DE EVALUACIÓN	11
1.4 ANÁLISIS DE EVALUACIÓN PARA LA INGENIERÍA DE VALOR.....	13
1.5 EVALUACIÓN DE RIESGO EN LA INGENIERÍA DE VALOR.....	13
1.5.1 <i>La Integración Mediante el Plan de Trabajo</i>	14
1.5.2 <i>La evaluación integrada del riesgo</i>	15
2. LA EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN	17
2.1 FACTORES EN LA CONSTRUCCIÓN MEXICANA	17
2.2 LA GESTIÓN DE RIESGO.....	18
2.3 PLANIFICACIÓN LA GESTIÓN DEL RIESGO.....	22
2.4 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS. HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS.....	22
2.4.1 <i>Técnicas de Recopilación de Información</i>	22
• Tormenta de ideas	22
• Técnica Delphi.....	22
• Entrevistas	23
• Análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO)	23
• Análisis mediante Lista de Control	23
2.4.2 <i>Técnicas de Diagramación</i>	23
• Diagramas de causa y efecto.....	23
• Diagramas de flujo o de sistemas.....	23
• Diagramas de influencias.....	23
2.4.3 <i>Registro de Riesgos. Entradas y Salidas</i>	23
• Registro de Riesgos	24
• Lista de riesgos identificados	24
• Lista de posibles respuestas	24
• Causas de los riesgos	24
• Categorías de riesgo actualizadas	24
2.5 ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS	24
2.5.1 <i>Análisis de Entrada</i>	25
• Activos de los Procesos de la Organización	25
• Registro de Riesgos	25
2.5.2 <i>Análisis de Salida</i>	25
• Lista de prioridades o clasificaciones relativas de los riesgos del proyecto	25
• Riesgos agrupados por categorías.....	25
• Jerarquización analítica.....	25
2.6 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS.....	26
2.6.1 <i>Análisis de Entrada</i>	26
• Activos de los Procesos de la Organización	26
• Registro de Riesgos	26
2.6.2 <i>Análisis de Salida</i>	27
• Análisis probabilístico del proyecto	27
• Lista priorizada de riesgos cuantificados.....	27
• Tendencias en los resultados del análisis cuantitativo de riesgos.....	27

3. HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS	28
3.1 MATRIZ DE PROBABILIDAD E IMPACTO.....	28
3.2 ÁRBOL DE OBJETIVOS.....	29
• Análisis mediante árbol de decisiones.....	29
4. RESPUESTA A LOS RIESGOS.....	31
4.1 EXPOSICIÓN GENERAL.....	31
4.2 ACCIONES ANTICIPADAS.....	32
• Eliminar el Riesgo.....	32
• Compartir Riesgo.....	32
4.3 ACCIONES DE CONTENCIÓN.....	32
• Trasferir el Riesgo.....	32
• Asegurar el Riesgo.....	33
4.4 ACCIONES CONTINGENTES.....	33
• Planificación de riesgos.....	33
• Registro de Riesgos.....	33
5. CASO DE ESTUDIO: EVALUACIONES DE RIESGOS EN LA CONSTRUCCIÓN.....	35
5.1 INTRODUCCIÓN.....	35
5.2 OBJETIVOS DE ESTUDIO.....	36
5.3 DESCRIPCIÓN.....	36
5.4 PLANEACIÓN DE LA GESTIÓN DE RIESGOS.....	38
5.5 IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS.....	41
5.6 ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS.....	46
• Jerarquización analítica.....	46
• Evaluación de criterios.....	47
• Evaluación de alternativas.....	51
• Jerarquización de alternativas.....	65
5.7 RIESGOS (ENTRADAS Y SALIDAS).....	66
5.8 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS.....	69
• Árbol de objetivos.....	69
• Evaluación de los objetivos.....	70
5.9 PLANIFICACIÓN DE LA RESPUESTA A RIESGOS.....	78
5.10 SEGUIMIENTO Y CONTROL DE RIESGOS.....	79
6. CONCLUSIONES	80
BIBLIOGRAFÍA.....	82
INTERNET.....	84

Resumen

En México como en el Mundo, el desarrollo de un país tiene que ver en gran medida con su infraestructura. Construir en nuestros tiempos requiere de una gestión eficiente y competitiva. En ese sentido, casi todas las empresas dedicadas al rubro de la construcción son conocedoras de la importancia en la planificación, y es justamente ahí donde surge la necesidad de prever y anticiparse a los hechos que puedan ir en contra del buen desarrollo de sus proyectos, ya sea en la etapa de concepción, diseño, construcción o en su operación. Sin embargo, una buena planificación no necesariamente asegura el éxito de un proyecto. Existen riesgos e incertidumbres asociados a los diversos procesos que se presentan en todas las etapas del proyecto, cuyas consecuencias, sean positivas o negativas, se manifiestan en gran magnitud durante la etapa de construcción.

El análisis de riesgos es un método para “resolver problemas” y “prever problemas”, reducir costos, al mismo tiempo, mejora los requerimientos de calidad y desempeño.

Para que sea más efectiva debe realizarse en las etapas iniciales del proyecto, para que de esta forma se prevean desde un inicio la mayoría de las variables involucradas, sin embargo también puede aplicarse a cualquier negocio o sector económico, incluyendo la industria, el gobierno, la construcción y los servicios. Su uso es considerado como una estrategia de negocios y toma de decisiones.

Los riesgos son incertidumbres que se pueden cristalizar eventualmente y ocasionar impactos económicos, ya que todo riesgo genera un gasto evidente ante una situación de contingencia.

Estas incertidumbres deberán ser identificadas, controladas y mitigadas si es el caso, mediante una gestión de riesgos, que garantice el tiempo, el costo y la calidad de nuestro proyecto, incrementando de esa manera el valor del mismo.

Uno de los primeros pasos para la evaluación de riesgos es la planeación del proyecto, pues es ahí donde las metas de cada trabajo se fijaran además de su alcance. La planificación de riesgos entonces deberá tomar en consideración todos los factores posibles que tengan un riesgo evidente, después de este paso se identificarán los riesgos eventuales y de mayor ocurrencia para después poder disgregar cada uno y analizarlos cualitativamente y cuantitativamente.

Una vez hecha la evaluación se dictaminaran los riesgos de mayor importancia, entonces se planificará una respuesta a cada uno de los riesgos por mitigar. Cuando todo este proceso termina y los riesgos están establecidos, entonces cada riesgo tendrá un plan de contingencia y en este caso solo quedara darle seguimiento y llevar el control del mismo para su correcta administración.

Por consiguiente existen diversas herramientas que nos ayudan a priorizar los riesgos unos de otros. Estas herramientas serán aplicadas en un nivel gerencial, pues es el Gerente de Proyecto quien tendrá como objetivo considerar el peligro del riesgo y evaluarlo y de ser así gestionar su administración.

Introducción

La capacidad de ejecutar proyectos exitosamente es lo que impulsa la realización de obras de ingeniería, por los beneficios y logros de negocio. Las organizaciones que han ejecutado proyectos exitosamente, emplean prácticas de herramientas gerenciales efectivas como una pieza clave para impulsar el cambio. Dado el impacto estratégico que los proyectos tienen en el negocio, las organizaciones deben seguir estas prácticas que capitalicen la innovación, midan el progreso, el valor y los riesgos, así como entregar proyectos adecuados, alineados con una estrategia organizacional.

Dado que los proyectos de capital están sujetos a un mayor escrutinio político y normativo, la presión hacia los contratistas para cumplir con programas muy agresivos y restricciones de presupuesto que se incrementan día con día. Con frecuencia, los objetivos de costos y programas se reportan sin considerar los riesgos e impactos potenciales, lo que da lugar a una disminución en la confianza para alcanzar esas metas.

El análisis de riesgos, nos permite identificar los eventos que pueden impactar negativamente a un proyecto si es que ocurrieran, y a su vez planear respuestas para evitar o disminuir el impacto negativo de dicho evento.

Llevar a cabo los análisis de riesgos a lo largo de la vida de un proyecto promueve la creación de planes alternos, que ayudan a evitar eventos inesperados que puedan tomarnos de sorpresa y así absorber el impacto.

1. El Valor Del Riesgo

1.1 El Riesgo y el concepto de Valor

El concepto de riesgo y de valor, vienen asociados mutuamente con la pérdida de un bien en específico, de manera que un riesgo se define como *“una posibilidad de que se produzca un contratiempo o una desgracia, de que alguien o algo sufra perjuicio o daño”*, dicho de esta forma se tiene que, el riesgo es la posibilidad de pérdida de algo que tiene valor, ya sea monetario o material.

El valor de un bien, se define, según el esquema clásico propuesto por Miles (1976), como la minimización del costo para la consecución de la función analizada. Dicho concepto se articula mediante la identificación de las funciones del componente analizado en orden a juzgar si es necesario o si puede realizarse con un costo menor, es decir, si esa función podría llevarse a cabo de una manera más barata.

Por estas causas, se dice que las alternativas se juzgan a partir de un índice de valor, definido como el cociente entre lo que cuesta llevar a cabo esa función con la alternativa considerada y el coste mínimo estimado para esa función, es decir:

$$Value = \frac{Worth}{Cost} \quad 1.1.$$

Donde el término “Worth” en el idioma inglés, significa valor al igual que “Value”, sin embargo es el primero de ellos que hace referencia a un valor mínimo que sería el objetivo de la función y el “Cost” al costo actual de la misma mediante alternativas consideradas, por tanto, el valor del dinero través del tiempo sí representa un importante aspecto para la ingeniería de valor en el análisis de riesgos.

Tal como se reconoce, la Ingeniería de Valor y el análisis de riesgos, están firmemente ligados hacia el factor económico, lo cual considera a la Ingeniería de Valor como una herramienta más evaluación de riesgos, lo cual limita conceptualmente su verdadera potencialidad.

Para el planteamiento de la Ingeniería de valor y el concepto mismo para cualquier proyecto, le sigue un análisis detallado de sus componentes, de manera que se identifica la función principal de cada uno de ellos, su costo actual y el valor mínimo con el que podría lograrse la ejecución. (Ec. 1.1.). De este análisis se extrae un índice de valor según lo descrito anteriormente, como el cociente entre el costo actual y el citado valor mínimo. Este análisis servirá para identificar aquellos componentes que tienen asociado un índice de valor más bajo, para orientar a su estudio particular.

Finalmente cabe mencionar que el seguimiento del valor viene desglosado de los riesgos que pueden prevenirse, convirtiendo el valor en una de las virtudes de este análisis, que, incluye una fase de enriquecimiento de información. En dicha etapa se plantea recoger y analizar la información relativa al proyecto, así como todas las actividades de preparación y organización del estudio.

1.2 Procesos de la Ingeniería

El plan de trabajo de la metodología de un proyecto incluye tres procesos:

1. **Pre – Estudio:** Estas tareas de preparación incluyen seis áreas:

- a) Definición de requerimientos del usuario.
- b) Recolección de la información del proyecto.
- c) Determinación de factores de Evaluación.
- d) Alcance del Estudio.
- e) Construcción de modelos.
- f) Conformación del equipo.

2. **El Estudio del Valor y Riesgo:** Constituye la aplicación de la metodología, incluye seis áreas:

- a) Información: aquí se complementa los datos recopilados en el pre-estudio.
- b) Análisis de la función: analiza las áreas de mayor beneficio para continuar el estudio.
- c) Creatividad: desarrolla una lluvia de ideas para realizar las funciones.
- d) Evaluación: clasificación y evaluación de ideas de acuerdo al cumplimiento de diferentes criterios del proyecto.
- e) Desarrollo: selecciona y prepara la mejor alternativa para la mejora del valor.
- f) Presentación: El objetivo de la fase de presentación es obtener el consentimiento y un compromiso por parte del diseñador, patrocinador del proyecto y otros directivos para proceder con la implantación de las recomendaciones.

3. **Post – Estudio:** El objetivo de esta etapa es la implantación de todas las medidas tomadas en el estudio del valor. En tanto que el líder del equipo del valor pueda rastrear el progreso de la implantación, en todos los casos será la persona designada como responsable de la implantación.

Cada una de las alternativas debe ser diseñada y confirmada independientemente, antes de su implantación en el proyecto, incluyendo los cambios contractuales, si se requiere. Además se recomienda que los departamentos de finanzas realicen una auditoría para verificar los beneficios del estudio.

1.3 Oportunidades de Evaluación

Para varios autores el Benchmarking, es un trabajo de investigación necesario, donde llevan a cabo un estudio entre la comunidad de profesionales y académicos, identifican diferentes visiones de cuándo aplicar la metodología del valor a lo largo del ciclo de vida en un proyecto.

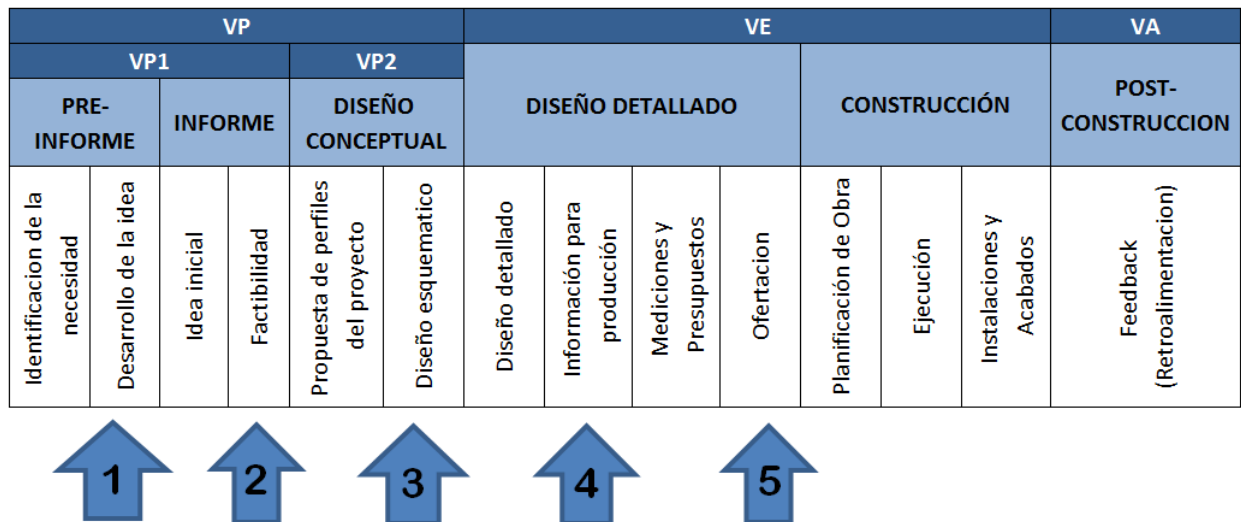


Figura 1. Oportunidades de Aplicación en la metodología de valor.

El Instituto Británico de Investigación (BRE, 2000) identifica en resumen, cuatro etapas de aplicación de la ingeniería de valor para métodos de constructibilidad.

En primer lugar, cita la estrategia de negocio, relacionado directamente con el cliente, para que este pueda implementarlo como estrategia organizacional ante cualquier decisión por solucionar constructivamente.

En segundo lugar, cita la concepción y el desarrollo del proyecto, haciendo hincapié en el primer punto antes citado, ya que será el primer filtro para la reducción potencial de costos, lo que presentará en segundo lugar una aproximación más certera para asegurar el valor del proyecto y respetar los objetivos principales previamente establecidos por el cliente. Y finalmente, cita el diseño, dirigido a aspectos relacionados con los espacios, costos, plazos y tiempos.

En la publicación del ICE (ICE, 1996), se establece que la Planificación de la Ingeniería de Valor se aplica en tres momentos o etapas. Distingue al primero, al que domina VP1 (*ver figura 1*), referido a los primeros momentos de la concepción, y donde el objetivo sería identificar los esquemas capaces de satisfacer las necesidades identificadas.

Un segundo momento de aplicación sería el momento determinado por VP2 (*ver figura 1*), referido al final de la etapa de concepción, y cuyo objeto sería el desarrollo de un informe reflejando el esquema que imparte el valor adecuado a la luz de las necesidades.

Finalmente cita un tercer momento, tras el informe de diseño, referido a VE, y que estaría dirigido a trasladar el resultado de la Planificación del Valor a un diseño detallado.

La HM Treasury Central Unit of Procurement (CUP, 1997)¹, recomienda:

- a) La evaluación y opción del caso de negocio.
- b) El diseño general.
- c) El plan esquemático final.
- d) El diseño detallado.
- e) La construcción.
- f) La entrega.

Las cinco fases que se identifican, establecen necesidades y resultados, la concepción, donde se mejora la estrategia, la factibilidad, para hacer posible la viabilidad, la implementación, para maximizar la eficiencia del costo, y el uso, para mejorar el proceso.

¹ Norma Europea, que contiene documentos que incluyen detalles e información para la construcción.

1.4 Análisis de Evaluación para la Ingeniería de Valor

Las características de esta metodología hacen plantear el interés de su integrabilidad con otras técnicas de evaluación. Por otro lado, este aspecto cobra un especial interés al considerar su coherencia. Por ello se toma conveniente abordar este último punto de estudio, principalmente alrededor de dos metodologías.

- La gestión de Riesgo
- La constructibilidad

1.5 Evaluación de Riesgo en la Ingeniería de Valor

Al estudiar la posible integración de ambas metodologías, implementando en algún caso específico la aplicación de estas dos técnicas, ya que su participación dentro de la Ingeniería de Valor sería de gran fortaleza para los resultados precisos que se requieran en algún análisis de Valor.

Al igual que en la ingeniería de valor, el análisis de riesgo también se ha propuesto un cambio de paradigmas dentro de los sistemas de tomas de decisiones. Algunas técnicas establecidas de análisis de riesgo pueden encontrarse en ejemplares como Champan & Ward (1997), Flanagan & Norman (1993), que reflejan un paradigma dentro de un enfoque de sistema del proceso constructivo en cada obra, y que están estrechamente comprometidos con técnicas cuantitativas. Raftery (1994) refuerza esta afirmación.

Los orígenes de esta teoría pueden encontrarse en *“utilidad en condiciones de riesgo”* ó *“teoría de la utilidad en condiciones de incertidumbre”*. Este último es el que pone particular interés en el criterio del *“Valor monetario”*, *“Valor presente Neto”* y en definitiva corresponde al tratamiento clásico de los riesgos.

A pesar de todo esto, en el ámbito de la construcción hay una ausencia notable de modelos de evaluación de riesgo en Ingeniería de Valor. Por lo que, los métodos usados para la evaluación de riesgos actualmente abogan más por la solución de problemas de constructivismo y no por la búsqueda de soluciones óptimas o por la búsqueda de soluciones suficientemente buenas.

Por este motivo la incertidumbre dentro de la construcción no puede ser medida como un aspecto técnico. Esto se presenta con claridad dentro del ciclo de vida del proyecto, donde estas incertidumbres tienen que ser disipadas con claridad en las primeras etapas del proyecto, donde la toma de decisiones necesita traspasar los límites del proyecto hacia los objetivos a los que se dirige.

Se destacan dos metodologías para la evaluación de riesgo

- La integración de un único plan de trabajo.
- La evaluación integrada del riesgo.

1.5.1 La Integración Mediante el Plan de Trabajo

La estructura del trabajo de la gestión de riesgos y la metodología del valor guardan un cierto paralelismo, identificado de forma gráfica por Moonatah et al (1999) en la siguiente figura.

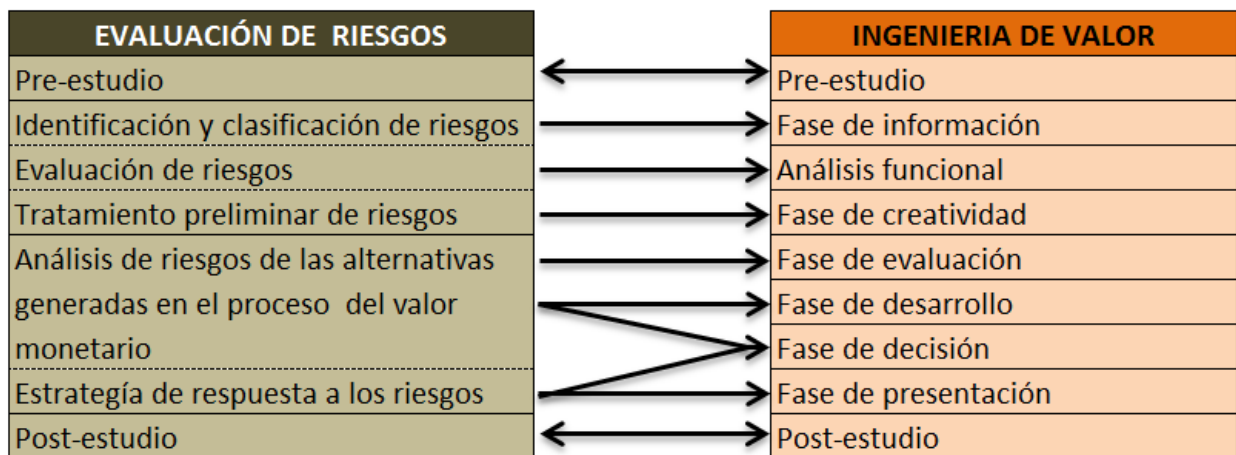


Figura 2. *Interfaz de Evaluación de riesgos e Ingeniería de valor.*

Con base a esta información identificada por el autor, se menciona la posible integración de estas dos herramientas, que darán a la ingeniería de valor un fundamento sólido en el análisis de riesgos. Dicha idea se articula mediante la participación de un equipo de trabajo, análogo al de la metodología de ingeniería de valor, para auditar o realizar el plan de evaluación de riesgos.

El equipo de trabajo recabará toda la información requerida para su evaluación. Este plan será revisado a detalle en la fase de información y el equipo de trabajo determinará si, en su opinión, todos los elementos de riesgos habrían sido cubiertos y si la evaluación de estos aspectos son razonables.

Durante la fase de creatividad, el equipo podría generar vías alternas para mitigar los elementos de riesgos conocidos. El resto de fases se orientaría en la misma dirección, con la excepción de que las propuestas serían consientes de los riesgos y algunas de ellas podrían ser preparadas de cara a un tratamiento mejorado por el mismo.

La fase de evaluación será desarrollada de manera tradicional como se verá más adelante en esta tesis. Hacia el final de la fase de desarrollo, podrán llevarse a cabo posteriores análisis cuantitativos de riesgos sobre propuestas específicas de manera que las mejoras relacionadas con las propuestas puedan ser apreciadas de manera realista. La evaluación, análisis y medidas mitigadoras de riesgos derivadas del estudio de ingeniería de valor serán fundidos para formar un Plan de Gestión de Riesgo que podrá ser utilizado después de manera usual para la detección de eventos.

1.5.2 La evaluación integrada del riesgo

En esta metodología se abarca de manera general ó particular tanto como el evaluador requiera, un conjunto de herramientas de apoyo técnico, que pueden ser formulaciones o mediciones parciales para el problema.

El autor Koga y Tsushima (1996), hacen una modesta aportación a la integración del riesgo en la ingeniería de valor, moviéndose a un nivel puramente técnico de ingeniería de detalle.

Su propuesta se restringe a un cálculo de los costos de los daños provocados por un cierto riesgo natural (movimiento sísmico, deslizamiento de tierras), que equipara al costo de la construcción del edificio más el de sus equipamientos y contenidos (por ejemplo los equipos en un hospital, el equipaje en un avión, etc.). Posteriormente, plantea el cálculo del valor esperado de dichas pérdidas en términos de valores anuales.

La probabilidad del siniestro la plantea a su vez como convergencia de factores, es decir; mediante el producto de las probabilidades asociadas a estos daños. De esta manera, se obtiene para el análisis de riesgo un valor anual, que se traduce en términos de valor presente en funciones de dinero. Este valor presente del dinero generado por el cálculo del riesgo anual, se compara con el costo previsto para mitigar la respuesta al riesgo, es decir, con los fondos destinados para el desarrollo y prevención de los mismos.

Si el costo del valor actual del riesgo es inferior al de la medida para reducirlo o eliminarlo, la decisión según Koga y Tsushima (1996) sería eliminarla y se rechaza.

$$CAR = p \cdot CP \quad \text{Ec. 2.1}$$

$$VF = VP (1 + i)^n \quad \text{Ec. 2.2}$$

$$VAR = CAR \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad \text{Ec. 2.3}$$

$$\text{si } VAR \leq CM = \text{rechazo}$$

Siendo “CAR” el costo anual de riesgo, “p” la probabilidad anual del riesgo, “CP” los costos de pérdidas, “VAR” el valor anual del riesgo, “i” el índice de interés y “n” el número de años considerado y “CM” el coste de la medida para reducir o eliminar el riesgo.

Esta metodología no deja de ser una aplicación de la toma de decisiones de una manera clásica de probabilidades, para el valor esperado en términos económicos, teniendo en cuenta que la posibilidad alternativa al siniestro sería que no hubiera ocurrencia, por lo que no implica ningún riesgo que evaluar, asociado con un costo de pérdidas cero, por otro lado para el caso del ejemplo la ocurrencia del fenómeno existe y sucede, pero el valor presente en costos monetarios son menores, por lo tanto el costo actual de dinero no representa un riesgo para el inversionista, otra manera de verlo sería, si la probabilidad asociada al riesgo ocurra o no el suceso, como es obvio el $\$=0$, por lo que:

$$\text{si } VAR \leq CM = \text{rechazo}$$

Esta evaluación de riesgos también llamado por contenidos, tiene precisamente su fundamento en la ingeniería estructural especializada en la ingeniería sísmica, ya que de acuerdo al análisis realizado probabilístico de cada cuerpo aplicando una energía se determina el balanceo y probable volteo de los contenidos dentro de un bien inmueble.

2. La Evaluación de Riesgos en la Gestión de Proyectos de Construcción

2.1 Factores en la Construcción Mexicana

En la gestión y administración de proyectos, en los últimos años, se ha percibido una gran tendencia generalmente que los proyectos no están cumpliendo con el plazo de tiempo y costos estimados; pues en la mayoría de los casos no se utilizan los datos históricos para hacer proyecciones a futuro, pocas empresas utilizan metodologías aprobadas a nivel internacional para desarrollar y monitorear la ejecución de proyectos, entre otras variables que contribuyen a que un proyecto no cumpla sus objetivos.

Los principales resultados son:

Sobrecosto y tiempo. Soló 1 de cada 3 proyectos en México tienden a finalizar en presupuesto y tiempo.

La falta de objetivos que definan el alcance y la planeación, son las principales causas de falla de los proyectos. Son pocas las empresas que desarrollan planes de ejecución o dirección de sus proyectos, aunado a esto muy pocas empresas involucran a los interesados en las primeras fases de los proyectos y no se cuenta con registros históricos para mejorar la planeación.





De igual manera, son pocas las empresas y organizaciones que realizan análisis de riesgos de forma consiente en sus proyectos, por lo que se asume que en la mayoría de estos no existen planes de contingencia necesarios para llevar los proyectos a buen término.

Existen diversos métodos de análisis para la evaluación del riesgo, sin embargo en México, las empresas que las ponen en práctica son muy pocas.

Los factores considerados para la evaluación de la situación actual del país en cuanto a la administración de proyectos de construcción fueron el tiempo y el costo. A pesar de que estos no son todos los aspectos que influyen en el éxito del proyecto, sí aportan una visión amplia de las posibles acciones correctivas, las áreas de oportunidad y las tendencias de las empresas en cuanto a gestión de proyectos.

Asimismo, los avances de tipo social y la mayor complejidad de la relación del hombre con su ambiente han hecho que la prevención y el análisis de los riesgos hayan tomado un lugar preponderante en el desarrollo económico y social.

Las decisiones de carácter empresarial generalmente han estado enmarcadas por parámetros de análisis que se circunscriben principalmente a la evaluación de las condiciones económicas, políticas y sociales, con el fin de establecer la viabilidad de iniciar, continuar o expandir las actividades comerciales o industriales. Sin embargo, en el mundo moderno es preciso vincular de manera más dinámica a ese proceso de toma de decisiones que es un factor al cual los estudiosos denominan “*riesgo*”, es decir, la exposición a una pérdida, la cual está sujeta a la incertidumbre de su ocurrencia

2.2 La Gestión de Riesgo

La Gestión de los Riesgos del Proyecto incluye los procesos relacionados con la planificación, la identificación y el análisis, la capacidad de respuesta, y el seguimiento y control de riesgos de un proyecto; estos procesos deberán ser actualizados para su retroalimentación durante el proceso.

Los objetivos de la Gestión de los Riesgos en Proyectos de Construcción, son aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de los eventos negativos para el proyecto.

La interrelación que debe existir entre la administración de riesgos y la alta gerencia, no debe olvidar que es preciso tener en cuenta que esta función tiene vínculos permanentes con otras dependencias de la empresa. En el figura 3 se identifican tales vínculos, sobre los cuales vale la pena detenerse brevemente.



Figura 3. *Interrelación que debe existir entre la administración de riesgos y la alta gerencia.*



Los procesos de Gestión de los Riesgos del Proyecto incluyen lo siguiente:

1. Planificación de la Gestión de Riesgos: decidir cómo enfocar, planificar y ejecutar las actividades de gestión de riesgos para un proyecto.
2. Identificación de Riesgos: determinar qué riesgos pueden afectar al proyecto y documentar sus características
3. Análisis Cualitativo de Riesgos: priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando su probabilidad de ocurrencia y su impacto.
4. Cuantitativo de Riesgos: analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados en los objetivos generales del proyecto.
5. Planificación de la Respuesta a los Riesgos: desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.
6. Seguimiento y Control de Riesgos: realizar el seguimiento de los riesgos identificados, supervisar los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos, ejecutar planes de respuesta a los riesgos y evaluar su efectividad a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Estos procesos interactúan entre sí y también con los procesos de las demás áreas de conocimiento. Cada proceso puede implicar el esfuerzo de una o más personas o grupos de personas, dependiendo de las necesidades del proyecto.

Un riesgo de un proyecto es un evento que tiene un efecto positivo o negativo sobre al menos un objetivo del proyecto, costo y calidad.

Un riesgo puede tener una o más causas, y si se producen uno o más impactos. El tiempo de permisos y trámites para la construcción de un puente por ejemplo, es un riesgo que puede tardar más de lo previsto o el personal de diseño disponible y asignado puede no ser suficiente para la actividad. Si ocurre alguno de estos eventos inciertos, puede haber un impacto sobre el costo, el cronograma o el rendimiento del proyecto.

Cada riesgo nace de alguna actividad que lo preceda, dentro de esta actividad se plasman sub actividades que permiten tener como consecuencia otros riesgos residuales, que pueden ser gestionados y calificados dependiendo del grado de impacto.

Esta gestión de riesgo debe ser promovida por el Gerente de Proyecto, desde la concepción del proyecto mismo, dándole un valor a cada proceso constructivo y cuantificándolo en un modelo que evalúe las actividades con más probabilidad de ocurrencia, y que por consiguiente genere más susceptibilidad de riesgo.

En la medida en que cada empresa cuente con una base de datos de proyectos anteriores, será mayor el criterio del análisis que el Gerente de Proyecto deberá tomar en cuenta, haciendo una evaluación más estricta de acuerdo a los datos ya existentes. Lo mismo pasará si el proyecto ya está en marcha, ya que existirán datos reales susceptibles y tendientes a un riesgo.

Si no se cuenta con una base o historial de proyectos pasados, el Gerente de Proyecto, deberá gestionar el riesgo con cada una de las áreas o partes involucradas, haciendo reuniones en donde se apliquen herramientas gerenciales para encontrar los riesgos más importantes y de mayor impacto, y así generar información suficiente, para posteriormente evaluarla y concebir un análisis de riesgos involucrando a todas las áreas posibles.

Esta tesis justamente pretende definir, establecer e implementar el Análisis de Riesgos como un sistema estratégico de técnicas y herramientas útiles aplicadas a la Gestión de Proyectos, con el objetivo final de asegurar los criterios de valor antes mencionados, tanto del cliente como de la misma organización que la aplica.

2.3 Planificación la gestión del riesgo

El proceso del Análisis de Riesgos comenzará entonces, por la identificación del riesgo donde se tendrán incertidumbres, esto es bajo un concepto de diagrama de flujo, donde se puedan integrar todas las áreas de la empresa, con el fin de llevar un seguimiento en su gestión y poder encontrar los aspectos que se involucrarán para su estudio.

2.4 Identificación de Riesgos. Herramientas y Técnicas

Se puede realizar una conceptualización de cada riesgo, pero estructurada, con información ya documentada en proyectos similares, programas, archivos y otra información.

La calidad del diseño de planeación ya establecido (Sección 3.3), determina la consistencia y seguimiento de los riesgos encontrados, pues estos pueden ser indicadores de en el proyecto.

A continuación, algunas técnicas de recopilación de información.

2.4.1 Técnicas de Recopilación de Información

- **Tormenta de ideas**

La meta de la tormenta de ideas es obtener una lista completa de los riesgos del proyecto. El equipo del proyecto suele realizar tormentas de ideas, a menudo con un grupo multidisciplinario de expertos que no pertenecen al equipo. Se generan ideas acerca de los riesgos del proyecto bajo el liderazgo de un facilitador. Pueden utilizarse como marco categorías de riesgo, tales como una estructura de desglose del riesgo. Los riesgos luego son identificados y categorizados por tipo de riesgo y sus definiciones son refinadas.

- **Técnica Delphi**

La técnica Delphi es una forma de llegar a un consenso de expertos. Los expertos en riesgos de proyectos participan en esta técnica de forma anónima. Un facilitador emplea 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 de este proceso se puede lograr el consenso. La técnica Delphi ayuda a reducir sesgos en los datos y evita que cualquier persona ejerza influencias impropias en el resultado.

- **Entrevistas**
Entrevistar a participantes experimentados del proyecto, interesados y expertos en la materia puede servir para identificar riesgos. Las entrevistas son una de las principales fuentes de recopilación de datos para la identificación de riesgos.
- **Análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO)**
Esta técnica asegura el examen del proyecto desde cada una de las perspectivas del análisis DAFO, para aumentar el espectro de los riesgos considerados.
- **Análisis mediante Lista de Control**
Las listas de control para identificación de riesgos pueden ser desarrolladas basándose en información histórica y en el conocimiento que ha sido acumulado de proyectos anteriores similares y de otras fuentes de información. Si bien una lista de control puede ser rápida y sencilla, es imposible elaborar una que sea exhaustiva. La lista de control debe revisarse durante el cierre del proyecto, a fin de mejorarla para su uso en futuros proyectos.

2.4.2 Técnicas de Diagramación

Las técnicas de diagramación de riesgos pueden incluir:

- **Diagramas de causa y efecto**
Estos diagramas también se conocen como diagramas de Ishikawa o de espina de pescado, y son útiles para identificar las causas de los riesgos.
- **Diagramas de flujo o de sistemas**
Estos diagramas muestran cómo se relacionan los diferentes elementos de un sistema, y el mecanismo de causalidad.
- **Diagramas de influencias**
Estos diagramas son representaciones gráficas de situaciones que muestran las influencias causales, la cronología de eventos y otras relaciones entre variables y resultados.

2.4.3 Registro de Riesgos. Entradas y Salidas

Las salidas de una Identificación de Riesgos se encuentran en un documento que puede denominarse registro de riesgos.

- **Registro de Riesgos**
Las principales salidas de la Identificación de Riesgos son las entradas iniciales en el registro de riesgos, que se convierte en un componente del plan de gestión del proyecto. La preparación del registro de riesgos comienza en el proceso Identificación de Riesgos, y luego disponible para la gestión de otros proyectos y otros procesos de gestión.
- **Lista de riesgos identificados**
Se describen los riesgos identificados, incluidas las causas y las asunciones inciertas del proyecto.
- **Lista de posibles respuestas**
Se pueden identificar posibles respuestas a un riesgo durante el proceso Identificación de Riesgos. Estas respuestas, si son identificadas, pueden ser útiles como entradas al proceso Planificación de la Respuesta a los Riesgos.
- **Causas de los riesgos**
Son las condiciones o eventos fundamentales que pueden dar lugar al riesgo identificado.
- **Categorías de riesgo actualizadas**
El proceso de identificar riesgos puede llevar a que se añadan nuevas categorías de riesgo a la lista de categorías de riesgo. Es posible que el proceso de planificación de la Gestión de Riesgos tenga que ser mejorada o modificada, basándose en los resultados del proceso Identificación de Riesgos.

2.5 Análisis Cualitativo de Riesgos

El Análisis Cualitativo de Riesgos incluye los métodos para priorizar los riesgos identificados para realizar otras acciones. Las organizaciones pueden mejorar el rendimiento del proyecto de manera efectiva centrándose en los riesgos de alta prioridad.

El Análisis Cualitativo de Riesgos evalúa la prioridad de los riesgos identificados usando la probabilidad de ocurrencia, el impacto correspondiente sobre los objetivos del proyecto si los riesgos efectivamente ocurren, así como otros factores como el plazo y la tolerancia al riesgo de las restricciones del proyecto costo, tiempo y calidad.

Las definiciones de los niveles de probabilidad e impacto, así como las entrevistas a expertos, pueden ayudar a corregir los sesgos que a menudo están presentes en los datos usados en este proceso. La criticidad temporal de acciones relacionadas con riesgos puede magnificar la importancia de un riesgo.

2.5.1 Análisis de Entrada

El Análisis Cualitativo de Riesgos es normalmente una forma rápida y rentable de establecer prioridades para la Planificación de la Respuesta a los Riesgos, y sienta las bases para el Análisis Cuantitativo de Riesgos, si fuera necesario. El Análisis Cualitativo de Riesgos deberá ser revisado continuamente durante el ciclo de vida del proyecto para que esté actualizado con los cambios en los riesgos del proyecto.

- **Activos de los Procesos de la Organización**
Los datos acerca de los riesgos de proyectos anteriores y la base de conocimientos de lecciones aprendidas pueden usarse en el proceso Análisis Cualitativo de Riesgos.
- **Registro de Riesgos**
Un elemento clave del registro de riesgos para el Análisis Cualitativo de Riesgos es la lista de riesgos identificados.

2.5.2 Análisis de Salida

Las actualizaciones del registro de riesgos provenientes del Análisis Cualitativo de Riesgos incluyen:

- **Lista de prioridades o clasificaciones relativas de los riesgos del proyecto**
La matriz de probabilidad e impacto puede usarse para clasificar los riesgos según su importancia individual. Luego, el director del proyecto podrá usar la lista de prioridades para centrar su atención en aquellos elementos de mayor importancia para el proyecto, en los cuales las respuestas pueden llevar a mejores resultados para el proyecto. La prioridad de los riesgos puede establecerse para el coste, el tiempo, el alcance y la calidad por separado, ya que es posible que las organizaciones valoren un objetivo más que otro..
- **Riesgos agrupados por categorías**
La categorización de riesgos puede revelar causas comunes de riesgos o áreas del proyecto que requieren particular atención. Descubrir las concentraciones de riesgos puede mejorar la efectividad de las respuestas a los riesgos.
- **Jerarquización analítica**
El método de jerarquización analítica busca elaborar un instrumento formal para la evaluación y selección de alternativas, que tuvieran la característica de ser sólido en su fundamento matemático, útil en la toma de decisiones y sencillo en su aplicación.

Considerado para la solución de problemas donde el decisor transita por tres etapas: formulación del problema, evaluación y finalmente la selección de la acción que más contribuya al objetivo.

Este método puede ser realizado en grupo o de manera individual, aplicándose preferentemente a problemas complejos.

2.6 Análisis Cuantitativo de Riesgos

El Análisis Cuantitativo de Riesgos generalmente sigue al proceso Análisis Cualitativo de Riesgos. La disponibilidad de tiempo y presupuesto, y la necesidad de enunciados cualitativos o cuantitativos acerca de los riesgos, determinarán qué métodos usar. Las tendencias pueden indicar la necesidad de más o menos acciones de gestión de riesgos. Es una entrada al proceso Planificación de la Respuesta a los Riesgos.

El Análisis Cuantitativo de Riesgos se realiza respecto a los riesgos priorizados en el proceso Análisis Cualitativo de Riesgos por tener un posible impacto significativo sobre las demandas concurrentes del proyecto. Este proceso, analiza el efecto de esos riesgos y les asigna una calificación numérica. También presenta un método cuantitativo para tomar decisiones en caso de incertidumbre. Este proceso usa técnicas tales como la simulación Monte Carlo y el análisis mediante árbol de decisiones para:

- Cuantificar los posibles resultados del proyecto y sus probabilidades.
- Evaluar la probabilidad de lograr los objetivos específicos del proyecto.
- Identificar los riesgos que requieren una mayor atención mediante la cuantificación de su contribución relativa al riesgo general del proyecto.
- Identificar objetivos de coste, cronograma o alcance realistas y viables, dados los riesgos del proyecto.
- Determinar la mejor decisión de dirección de proyectos cuando algunas condiciones o resultados son inciertos.

2.6.1 Análisis de Entrada

Del Análisis Cuantitativo de Riesgos incluyen:

- **Activos de los Procesos de la Organización**
Información de proyectos anteriores similares ya completados, estudios de proyectos similares por especialistas en riesgo y bases de datos de riesgos que pueden estar disponibles de fuentes de la industria o de propiedad exclusiva.
- **Registro de Riesgos**
Algunos elementos clave del registro de riesgos para el Análisis Cuantitativo de Riesgos incluyen la lista de riesgos identificados, la lista de prioridades o clasificaciones relativas de los riesgos del proyecto y los riesgos agrupados por categorías.

2.6.2 Análisis de Salida

Las actualizaciones incluyen los siguientes componentes principales:

- **Análisis probabilístico del proyecto**
Se realizan estimaciones de los posibles resultados del cronograma y los costes del proyecto, listando las fechas de conclusión y costes posibles con sus niveles de confianza asociados. Esta salida, normalmente expresada como una distribución acumulativa, se usa con las tolerancias al riesgo de los interesados para permitir la cuantificación de las reservas para contingencias de coste y tiempo.
- **Lista priorizada de riesgos cuantificados**
Esta lista de riesgos incluye aquellos riesgos que representan la mayor amenaza o presentan la mayor oportunidad para el proyecto. Se incluyen los riesgos que requieren la mayor contingencia de costes y aquellos que tienen más probabilidad de influir sobre el camino crítico.
- **Tendencias en los resultados del análisis cuantitativo de riesgos**
A medida que se repite el análisis, puede hacerse evidente una tendencia que lleve a conclusiones que afecten a las respuestas a los riesgos.

3. Herramientas y Técnicas

3.1 Matriz de Probabilidad e Impacto

La escala de impacto refleja la importancia del mismo impacto ya sea negativo por las amenazas que implica o positivo por las oportunidades que genera, sobre cada objetivo del proyecto si es que se produce un riesgo.

Las escalas de impacto son específicas del objetivo que pueden verse por el tipo y tamaño del proyecto, las estrategias y el estado financiero de la organización, y la sensibilidad de la organización a impactos específicos. Las escalas relativas de impacto son simplemente descriptores ordenados por rango tales como “muy bajo”, “bajo”, “moderado”, “alto” y “muy alto”.

Las escalas no lineales pueden representar el deseo de la organización de evitar las amenazas de alto impacto o de explotar las oportunidades de alto impacto, incluso si tienen una probabilidad relativamente baja. Al usar escalas no lineales, es importante comprender lo que significan los números y la relación entre ellos, cómo se obtuvieron y el efecto que pueden tener sobre los diferentes objetivos del proyecto.

Condiciones Definidas para Escalas de Impacto de un Riesgo sobre los Principales Objetivos del Proyecto (Sólo se muestran ejemplos para impactos negativos)					
Objetivo del Proyecto	Se muestran escalas relativas o numéricas				
	Muy bajo /0.05	Bajo /0.10	Moderado /0.20	Alto /0.40	Muy alto /0.80
Costo	Aumento de costo insignificante	Aumento del costo <10%	Aumento del costo del 10-20%	Aumento del costo del 20-40%	Aumento del costo >40%
Tiempo	Aumento de tiempo insignificante	Aumento del tiempo <5%	Aumento del tiempo del 5-10%	Aumento del tiempo del 10-20%	Aumento del tiempo >20%
Alcance	Disminución del alcance apenas perceptible	Áreas de alcance secundarias afectadas	Áreas de alcance principalmente afectadas	Reducción del alcance inaceptable para el patrocinador	El elemento terminado del proyecto es efectivamente inservible
Calidad	Degradación de la calidad apenas perceptible	Sólo las aplicaciones muy exigentes se ven afectadas	La reducción de la calidad requiere la aprobación del patrocinador	Reducción de la calidad inaceptable para el patrocinador	El elemento terminado del proyecto es efectivamente inservible

Esta tabla presenta ejemplos de definiciones del impacto de los riesgos para cuatro objetivos del proyecto diferente. Estos deben adaptarse al proyecto individual y a los umbrales de riesgo de la organización en el proceso Planificación de la Gestión de Riesgo. Las definiciones del impacto pueden desarrollarse para las oportunidades de forma similar.

Figura 4. *Dos alternativas en una figura para escalas de impacto de riesgos.*

La matriz de probabilidad e impacto es un método para priorizar según sus posibles implicaciones los objetivos del proyecto. El método típico para priorizar los riesgos es utilizar una tabla de búsqueda o una Matriz de Probabilidad e Impacto (Figura 6).

La organización de esta matriz, puede verse inmiscuida entre los objetivos centrales de estudio, por medio de un árbol de objetivos, que combine la probabilidad e impacto de que un riesgo sea calificado como de importancia “alta”, “moderada” o “baja”. Esta jerarquización se puede concebir en la solución de la matriz de árbol de objetivos y como ayuda en la toma de decisiones.

3.2 Árbol de Objetivos

- **Análisis mediante árbol de decisiones**
El análisis mediante árbol de decisiones normalmente se estructura usando un diagrama de árbol de decisiones (Figura 10), que describe una situación que se está considerando, y las implicaciones de cada una de las opciones disponibles y los posibles escenarios. Incorpora el costo de cada opción disponible, las probabilidades de cada escenario posible y las recompensas de cada camino lógico alternativo. Al resolver el árbol de decisiones se obtiene el valor monetario esperado (u otra medida de interés para la organización) correspondiente a cada alternativa, cuando todas las recompensas y las decisiones subsiguientes son cuantificadas.

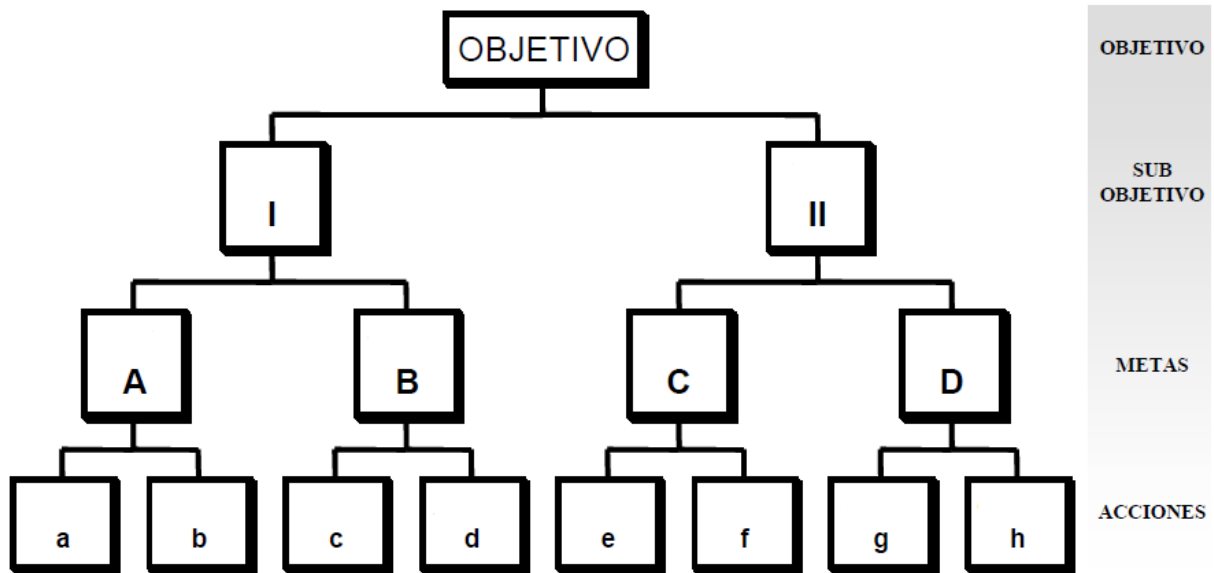


Figura 5. Diagrama de árbol de decisiones.

El diagrama de árbol de decisiones es una manera sencilla y útil de mostrar los resultados obtenidos, ya que se usa para describir las situaciones que se están considerando, las implicancias de cada una de las opciones y los posibles escenarios. Al resolver el árbol de decisiones, se obtiene el valor bajo el criterio de la organización (PMBOOK, 2004), (Técnicas participativas para la planeación, árbol de objetivos, pág. 253)

4. Respuesta a los Riesgos

4.1 Exposición General

La Planificación de la respuesta a los riesgos, los aborda en función de su prioridad, introduciendo recursos y actividades en el presupuesto, cronograma y plan de gestión del proyecto, según sea necesario.

La respuesta a los riesgos planificados deber ser congruentes con la importancia del riesgo, tener un costo efectivo en relación al desafío, ser aplicadas a su debido tiempo, ser realistas dentro del contexto del proyecto, estar acordadas por todas las partes implicadas y a cargo de una persona responsable. A menudo, es necesario seleccionar la mejor respuesta a los riesgos entre varias opciones

Una vez identificados los riesgos en un proyecto y conocidos sus posibles efectos o daños a través del proceso del análisis, debe realizarse su gestión, que es equivalente a determinar la respuesta adecuada a cada riesgo, que deberá estar en consonancia con la repercusión económica a que pueda dar lugar cada uno.

Las acciones o respuestas pueden ser de tres tipos:

- Acciones anticipadas
- Acciones de contención
- Acciones contingentes

4.2 Acciones Anticipadas

En las fases iniciales de un proyecto, el Gerente del mismo debe estudiar todos los elementos que integran el costo y el plazo de forma que las previsiones realizadas se puedan cumplir. Las acciones posibles que formaran parte de la estrategia del proyecto y por tanto deberán estar contenidas en su planeación son:

- **Eliminar el Riesgo**

Esta opción puede conseguirse, en el caso de un promotor y del correspondiente Director del proyecto, abandonando su ejecución. En el caso de un contratista no afectado.

A esta decisión se debe de llegar si las oportunidades de beneficio que procura el proyecto son inferiores al daño que pueda producir el eventual riesgo.

- **Compartir Riesgo**

Acción y respuesta válida para un promotor o propietario, así mismo para cualquier contratista. En el primer caso creando una empresa conjunta para realizar el proyecto y en el segundo ofertando los servicios profesionales, de construcción, supervisión, etc., mediante una asociación temporal. De esta forma se comparte el riesgo inminente.

4.3 Acciones de Contención

- **Trasferir el Riesgo**

Es la respuesta adecuada para los contratistas, quienes mediante el empleo de subcontratistas les transfieren ciertos riesgos. Otra forma de transferir riesgos es incluso el rechazo o modificación de determinadas condiciones generales que puedan haber incluido en sus documentos, de petición de propuestas.

Trasferir el riesgo requiere trasladar el impacto negativo de una amenaza, junto con la propiedad de la respuesta para un tercero. Trasferir el riesgo simplemente da a otra parte la responsabilidad de su gestión, pero no lo elimina. Trasferir la responsabilidad del riesgo es más efectivo cuando se trata de exposiciones a riesgos financieros. Trasferir el riesgo casi siempre supone el pago de una prima de riesgo a la parte que toma el mismo. Las herramientas de transferencia pueden ser diversas, el uso de seguros, garantías de cumplimiento, certificados, contratos, etc. En muchos casos, se puede usar un tipo de contrato de costos para transferir el riesgo al comprador, mientras que un contrato de precio fijo puede transferir el riesgo al vendedor, si el diseño del proyecto es estable.

- **Asegurar el Riesgo**

Respuesta que se consigue por parte del promotor o ya sea el contratista, aceptando el inminente riesgo, suscribiéndose a una oportuna póliza de seguro. En esta opción se cambia el posible daño derivado del riesgo por el pago de una prima de seguro. Así, se tienen pólizas de seguro, normalmente responsabilidades civiles de particular importancia para la ejecución de proyectos para diferentes participantes. En la mayoría de las pólizas de seguro normalmente existe una franquicia (cantidad NO asegurada) que representa el daño eventual que produciría un riesgo en caso de que este se presente; la franquicia corresponde a la cantidad de riesgo que el asegurado toma directamente y la compañía aseguradora cubre el daño que pueda suceder por encima de su valor.

4.4 Acciones Contingentes

Este tipo de acciones parten del principio que los daños que pueden producir los riesgos, ni son seguros, ni son inevitables, y que pueden ser mayores y menores en función de cuales sean las acciones o decisiones directivas que se tomen en relación con el Proyecto una vez ya conocido.

Algunas acciones o respuestas contingentes al riesgo son:

- **Planificación de riesgos**

Es necesaria, ya que la planeación es la anticipación del futuro en el sentido de realizar un diseño, conociendo la previsión del entorno futuro, diseñar las acciones precisas para que este se comporte en la forma deseada. Mediante la planificación de las contingencias se puede actuar sobre los riesgos que se consideran normales y sobre los que se denominan contingentes. El plan así diseñado dará respuesta a todas las condiciones adversas previstas y hará mínimo sus efectos.

El plan se referirá no solo a los temas actuales, tales como medidas de protección, condiciones atmosféricas extremas, y otras de naturaleza análoga.

La parte del plan que se refiere a la gestión del riesgo, contendrá las políticas de la empresa, que se refieran a cada tipo de crisis, un catálogo de las crisis potenciales a las que el proyecto sea más susceptible, y para cada una, las consideraciones a tener en cuenta al desarrollar cada respuesta.

- **Registro de Riesgos**

El registro de riesgos se desarrolla en la Identificación de Riesgos, y se actualiza durante el Análisis Cualitativo y Cuantitativo de Riesgos.

Los riesgos identificados, corresponden para su entendimiento, sus descripciones, las áreas del proyecto afectadas, sus causas y cómo pueden afectar a los objetivos del proyecto.

- Responsabilidades de los participantes
- Análisis cualitativo y cuantitativo
- Estrategias de respuesta acordadas
- Acciones específicas para implementar estrategias
- Síntomas y señales de advertencia de ocurrencia de riesgos
- Presupuestos y actividades del cronograma necesarios para implementar las respuestas elegidas
- Reservas para contingencias de tiempo y costo, diseñadas para contemplar la tolerancia en la ocurrencia de los riesgos.

5. Caso de Estudio: Evaluaciones de Riesgos en la Construcción

5.1 Introducción

La ingeniería civil, es una de las principales industrias de impulso al progreso en cada país, ya que genera la activación de la economía en diferentes sectores, beneficiando a toda una población he incluso a toda una nación.

El sector de la construcción, junto con la minería son las actividades de mayor siniestralidad. Además, la importancia del sector construcción es evidente en el país, por lo cual se han tomado medidas preventivas que advierten un desarrollo específico en la prevención y evaluación de riesgos.

Con el estudio de nuevas tecnologías y herramientas, el ingeniero ha podido elevar sus conocimientos en la realización de grandes obras de infraestructura, misma que ha dado pie al desarrollo de grandes obras de construcción, así mismo ha tenido a bien determinar con precisión algunos procesos que se desarrollan en cada proyecto, salvando así los intereses primordiales en toda obra, que son el tiempo, costo y calidad.

Sin embargo, existe un evento que no puede ser mitigado en su totalidad, pero si puede ser administrado y orientado a su decremento, esto es el riesgo.

Todo desarrollo en cualquier actividad humana acarrea inevitablemente la presencia de riesgos y no sería posible enumerarlos todos, puesto que basta con que exista la accidentabilidad e imprevisibilidad del suceso para que éste ocurra, aunque el riesgo siempre existirá mientras existan condiciones o errores que los propicien.

Algunos riesgos se traducen a accidentes que ocurren en construcciones, debido a la naturaleza inherente peligrosa de la obra. El equipo pesado y maquinaria, la altura, los agujeros, y los ruidos fuertes representan una amenaza para el trabajador descuidado. La familiaridad y la rutina diaria pueden reducirle a un trabajador el sentido de la prudencia, añadiéndole el riesgo, pero no solo eso puede actuar en este sentido, ya que

primero es la seguridad del individuo, en otros ámbitos también será la seguridad de que el proyecto sea rentable, pues de este modo se asegurará el trabajo para todo obrero y trabajador de ese proyecto en particular, por lo que, es indiscutible el sentido y el valor del riesgo ponderado en varios sectores y áreas de la construcción, desde el más leve accidente, hasta la moneda mal gastada o administrada representarán un importante impacto en el desarrollo del proyecto.

Así entonces, los riesgos pueden clasificarse y agruparse en categorías, esto debido a la similitud que comparten entre ellos, en su origen, en su impacto o en su solución; tanto así, que posteriormente sirvan como índices en la evaluación para determinados proyectos.

Una de las actividades más apasionantes del Ingeniero, es el resolver los problemas que se antepongan a la construcción, en ese sentido, se pretende en esta tesis clasificar los riesgos generales de las obras, analizar y darles un valor que represente la urgencia de solventarlo.

En el presente caso, se analizará cómo hacer una evaluación de riesgos con diferentes herramientas, que nos llevarán de lo general a lo particular, ya que este método tiene sus bases en la experiencia de expertos, pero también tiene la cualidad de generar soluciones para la toma de decisiones en los diferentes campos de desarrollo de la Ingeniería Civil, bajo un método numérico, el cual, permite analizar todos los aspectos que hagan de un suceso un riesgo.

5.2 Objetivos de estudio

- Determinar los riesgos presentados en la ejecución de obras de ingeniería civil.
- Determinar indicadores de riesgo que afectan a la construcción de obras civiles, a través de un análisis jerárquico.
- Determinar el riesgo de mayor importancia en la evaluación, así como sus causas, efectos y metas para la eliminación, administración o mitigación del riesgo.

5.3 Descripción

Las obras de ingeniería civil que han tenido un desarrollo en el ámbito de carreteras, puentes, puertos, aeropuertos, presas y desarrollos inmobiliarios, son entre muchos, los principales generadores económicos, que por su exigencia en la ejecución de sus trabajos se considera con un alto porcentaje en cuanto a la ocurrencia de riesgos.

Por su carácter multidisciplinario, se han podido distinguir factores de riesgo en cada una de las áreas involucradas en una construcción, ya sea su aspecto climático, financiero, legal, administrativo, operativo, etc., ya que para la realización de una obra de ingeniería civil, no solo los factores de riesgo como accidentes laborales son los que impactan, también tienen mucha repercusión los agentes económicos, políticos y sociales, eventos climáticos, que sugieren riesgos de atrasos, sobrecostos, y el riesgo mayor que es el de no concluir el proyecto.

Ahora bien, la tarea asignada a este trabajo consistirá en identificar los riesgos de una obra de ingeniería, definiendo su alcance o su origen, así de esta manera podremos saber cuál es la causa general del riesgo, si es natural o provocado por el hombre, puesto que algunos de los riesgos que llamamos riesgo, pueden ser prevenidos sin análisis.

Comprobaremos la naturaleza del riesgo, con el fin único de no generar dudas respecto a su definición, para luego poder realizar una distribución categórica de cada uno, pues muchos de estos comparten similitudes de origen y de causa, además de eso; sabremos en que área respectiva del sector de la construcción se suscitan más eventos de este tipo. Por otro lado, comprobaremos que no siempre es prioritario el del mayor número en la lista en cada categoría, puesto que el impacto que ejerce cada uno de los riesgos dentro de su categoría puede ser más grande aunque su lista sea pequeña. Este proceso de selección lleva implícito los criterios del equipo designado para esta evaluación, ya que cada criterio es considerado dentro de un análisis jerárquico, que analiza cada categoría de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia respecto a las demás, dando así como resultado la jerarquización analítica de las categorías asignadas ya como indicadores de riesgo.

Cabe aclarar que cada criterio ocupado en este análisis cambiará de acuerdo a las personas interesadas e involucradas en cada proyecto.

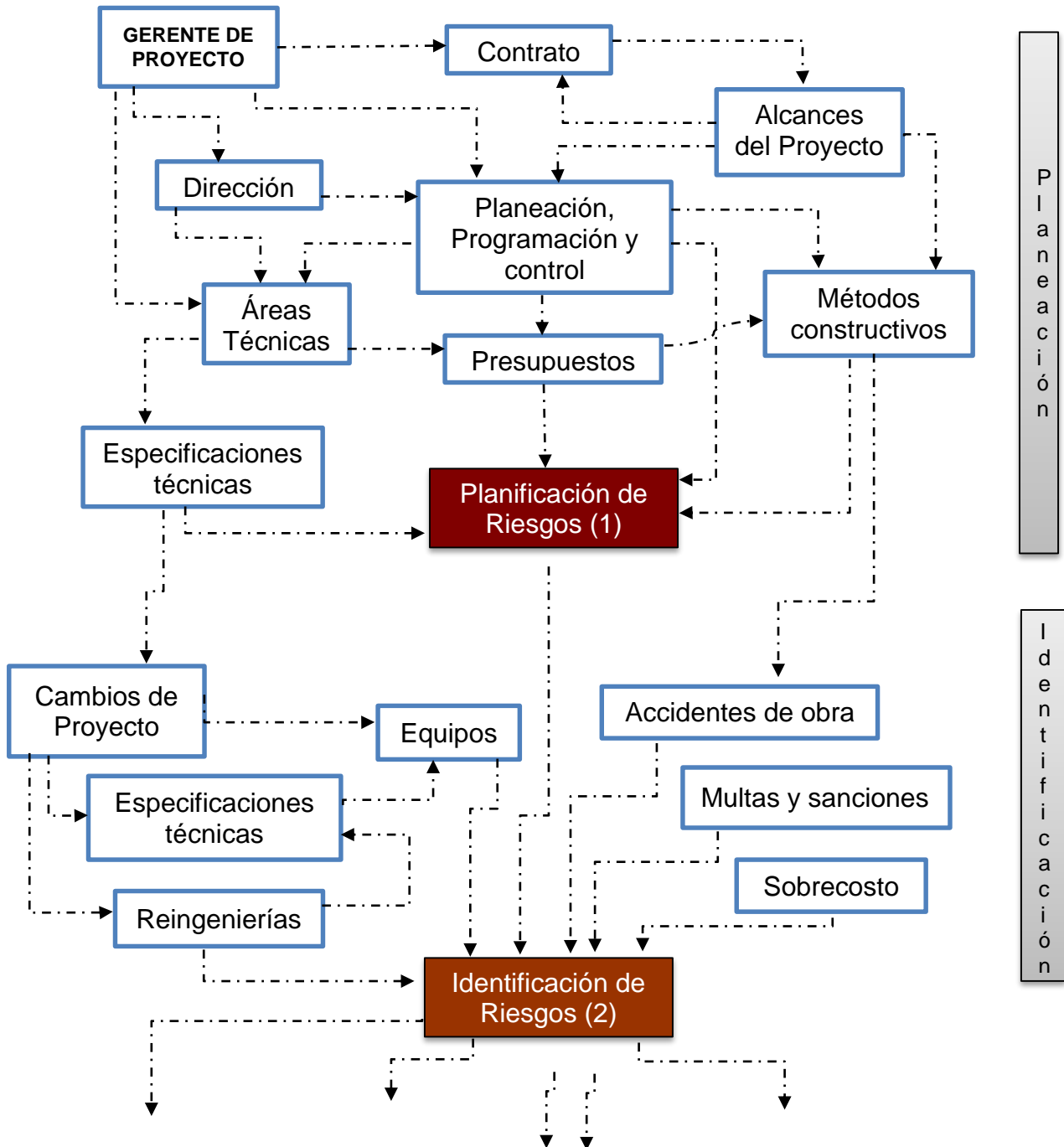
También se propondrán objetivos específicos para la mitigación de estos indicadores, mismos que estarán respaldados por acciones y metas, que ayudaran a canalizar toda causa de riesgo a un efecto positivo, cumpliendo con acciones y metas para su debida administración o eliminación. Este análisis se hace bajo un esquema de árbol de objetivos, el cual da la pauta de forma analítica para la toma de decisiones en el momento de actuar y saber qué riesgo es el de mayor prioridad he impacto.

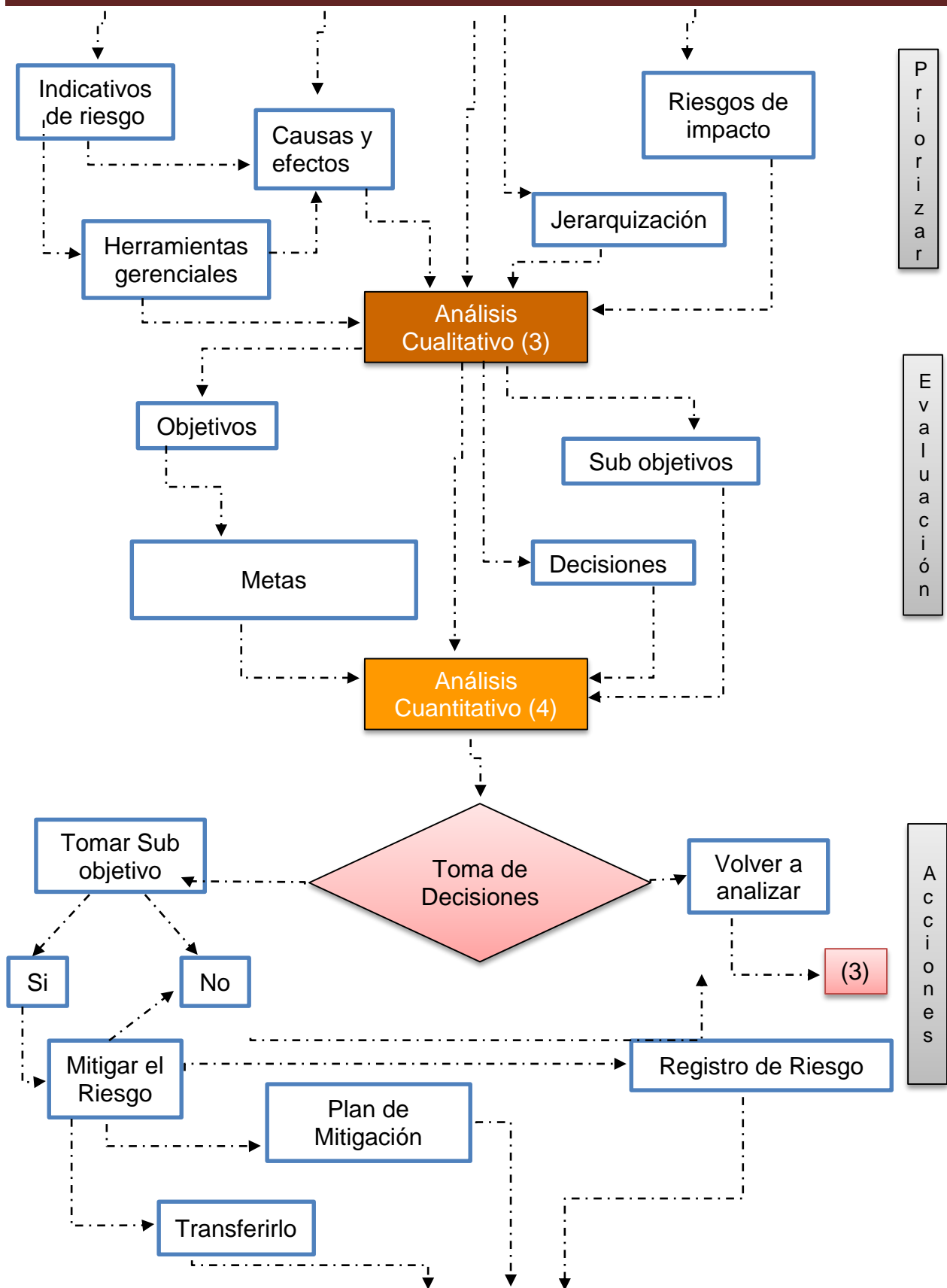
Una vez finalizado el análisis de objetivos, se apreciará de manera gráfica, la ruta que sigue al riesgo, desde su indicador, su causa, su efecto, sus acciones, sus metas y sus objetivos para la eliminación o administración del mismo.

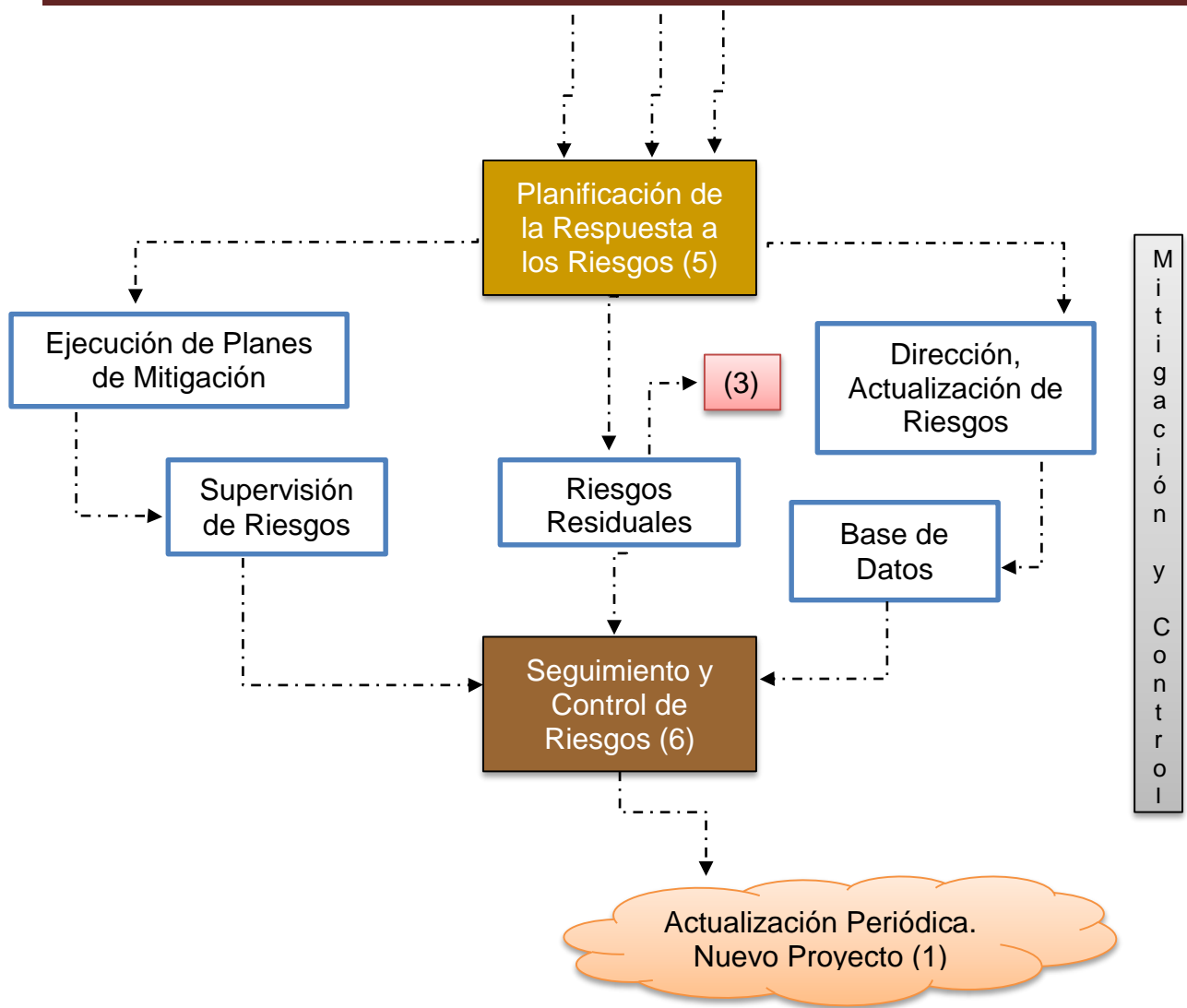
5.4 Planeación de la Gestión de Riesgos

Se establece un plan de trabajo, que enriquecerá a nuestros procesos de análisis (sección 2.3, 2.4.2).

PROYECTO: DIAGRAMA DE FLUJO EN LA EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA CONSTRUCCIÓN.







5.5 Identificación de los Riesgos

Para identificar los riesgos en el desarrollo de proyectos de ingeniería, debemos ser claros en su interpretación, es por esto mismo que empleando la técnica Delphi y Lista de Control (sección 2.4., 2.4.1,2), se hace una lista con descripción de cada riesgo, además de eso, se catalogan de acuerdo a su naturaleza, generando categorías que vinculan a cada uno de ellos de acuerdo a su impacto (sección 2.4.3).

LISTADO DE RIESGOS		
No.	SOCIALES	DESCRIPCIÓN
1	Cliente indeciso	No define el proyecto, causa retrasos.
2	Grupos étnicos	Zonas de desarrollo cultural que perjudiquen al desarrollo de los proyectos, debido a los grupos que viven en ellos.
3	Meetings	Manifestaciones y bloqueos que perjudican el avance de obra.
4	Elecciones políticas	Campañas gubernamentales para elegir a los nuevos dirigentes.
5	Gobernantes	Dirigentes de partidos políticos que no ejercen el recurso para el desarrollo de un país.
6	Crimen organizado	Zonas de inseguridad causantes de extorsiones, robos y violencia a mano armada.
7	Sindicatos	Manejo de mano de obra, materiales, equipos, conflictos entre comunales y favoritismos laborales.
8	Cambios de administración	Suspensión de actividades de administración, de control y de recursos por parte de las entidades.
9	Niveles sociales económicos	Servicios de menor calidad, falta de mantenimiento.
10	Relaciones laborales	Diferencias entre perspectivas, ideas y acciones que irrumpen el orden de trabajo.
11	Vecinos	Personas afectadas o no, por consecuencia a alguna anomalía perjudicial para su patrimonio, causantes de retrasos a los trabajos ante sus protestas.
12	Discriminación laboral	Conflicto entre personas por formas de vestir, lenguaje, género, etc.
13	Robo	Desaparición de materiales y equipos por personajes ajenos o no a la obra.
14	Zonas arqueológicas	Clausura o retrasos de obra debido a hallazgos arqueológicos de importancia.
15	Zonas en conflicto	Territorio amedrentado por fuerzas de oposición, que atentan a la integridad física y moral.

No.	ADMINISTRATIVO Y CONTRACTUAL	DESCRIPCIÓN
1	Alcances de trabajo	Definir los alcances que conlleva un trabajo realizado, con el fin de ejecutarlo de la mejor manera posible.
2	Multas	Monto monetario debido al incumplimiento de una actividad o a la falta de un reglamento.
3	Financiamiento	Falta de recursos para la construcción de obra.
4	Responsabilidades	Desapego de cargos y responsabilidades, en las áreas de desarrollo laboral de obra.
5	Garantías	Acuerdos para la seguridad en el cumplimiento de los trabajos y deberes.
6	Estados de cuenta de clientes	Falta de recurso por parte de los clientes.
7	Estado de cuenta de contratistas	Mala administración de recurso para los contratistas.
8	Contrato	Clausulas incompletas y de escaso valor contractual.
9	Contrataciones	Términos legales de contrato para una persona, salarios, prestaciones, etc.
10	Licencias	No tramitar los permisos pertinentes para la ejecución de los trabajos.
11	Reclamos	Revisar los alcances, montos y contratos de los trabajos ejecutados.
12	Ley de obras	Desconocer la LOPySRM.
13	Retenciones	Sanciones por incumplimientos de contrato.
14	Confidencialidad	Información restringida y para uso exclusivo de la obra.
15	Socios	Mal manejo de recursos de inversión por parte de los socios.

No.	ECONÓMICO Y FINANCIERO	DESCRIPCIÓN
1	Inflación	Los índices y costos en los que se pueden cotizar los materiales de construcción
2	Seguros	Protege los acuerdos, daños e incumplimiento de las garantías.
3	Fianzas	Cantidad de dinero que se da para asegurar el cumplimiento de obligaciones.
4	Licencias	Gestoría y pago de licencias para evitar multas y sobrecostos.
5	Competencia	Propuestas económicas, maquinaria y equipo con que cuente la competencia.
6	Financiamiento	Buen historial crediticio y referencias bancarias.
7	Banca y mercados de capital	Actividades empresariales de negocio para el flujo de efectivo.
8	Garantías	Garantías en el cumplimiento presupuestal, crediticio y con el banco.

No.	CERTIFICACIONES	DESCRIPCIÓN
1	Materiales certificados	Materiales que cumplan con los requerimientos de aceptación y autenticidad.
2	Personal certificado	Evaluar al personal el cumplimiento de su trabajo.
3	Procesos constructivos	Revisar los métodos constructivos de manera que sean óptimos en su elaboración.
4	Pruebas de laboratorio	Revisar las pruebas de concreto, suelo, etc., que requieran el análisis técnico para su evaluación.

No.	TÉCNICO Y CONSTRUCTIVO	DESCRIPCIÓN
1	Maniobras pesadas	Actividad sujetas a análisis o a supervisión de profesionales.
2	Cambios de proyecto	Repentinos cambios de proyecto.
3	Proyecto ejecutivo	Incompatibilidades, proyecto incompleto, etc.
4	Mano de obra	Escasa mano de obra en la región.
5	Maquinaria y equipo	Escasa maquinaria y equipo en la región.
6	Accesos en caminos	Inexistencia de camino y accesos.
7	Mano de obra calificada	Obreros especialistas en diversos trabajos.
8	Costo indirecto bajo	Escasez de recursos para gastos administrativos.
9	Maniobras pesadas	Movimientos de maquinaria en zonas limitadas de espacio.
10	Especificaciones	Especificaciones incorrectas en maquinaria, equipos, instalaciones, etc.
11	Presupuestos	Presupuestos de bajo costo, por cambios repentinos de proyecto o especificaciones.
12	Alcances	Claridad en los alcances de las actividades requeridas en la ejecución de la obra.
13	Experiencia laboral	Personal capaz de desarrollar el proyecto.
14	Capacidad de constructiva	Empresas o contratistas que no cuenten con la capacidad de equipamiento para los trabajos a desarrollar.
15	Cancelación de obra	Suspensión de obra.
16	Horarios	Horarios para ejecución de trabajos especiales.
17	Servicios personales	Falta de servicios para los trabajadores, baños, agua, comida, etc.
18	Retrasos de ejecución	Actividades que tienen precedencia con otra actividad en ejecución y genera retrasos
19	Instalaciones	Atrasos especiales, sin precaución, generando atrasos por equipamiento.
20	Entregas	Fechas de entrega apresuradas.
21	Extraordinarios	Actividades fuera de contrato que son propensas a adjudicarse como ya pagadas.
22	Interferencias	Pasos, traslapes y obras inducidas.
23	Estudios de suelos	Estudios de estratigrafía equivocados para la generación de cimentaciones a base de pilotes.
24	Procesos constructivos	Mala ejecución de los procesos constructivos.
25	Cuantificación de materiales	Equivocación en la cuantificación de materiales, que genera gastos mayores.
26	Capacitación	Capacitación para todo el personal en áreas técnicas de importancia.
27	Equipos especiales	Materiales y equipos que serán requeridos con indispensable anticipación.
28	Trasporte	Ausencia de capacidad de transporte, caminos de acceso y carros fletados para material.
29	Zonas en conflicto	Zonas en conflicto como guerras, disputas territoriales, etc.
30	Subcontratistas	Mala administración de los contratistas por alcances mal estipulados en contrato.

No.	MEDIO AMBIENTE	DESCRIPCIÓN
1	Lluvia	Cantidad de agua que generen inundaciones.
2	Viento	Derribos de árboles, torres, anuncios, postes, etc.
3	Sismo	Actividad telúrica que ocasione desplazamientos de tierra, derrumbes, etc.
4	Fallas de suelo	Capacidades naturales del suelo para cargas extraordinarias.
5	Bosques	Lugares de recreación y zonas protegidas.
6	Ríos	Crecimiento y desbordamiento de ríos en zonas pobladas.
7	Mares	Crecimiento del nivel del mar, por descongelamiento de icebergs
8	Polvo	Material fino desprendido del suelo que afecte la visión y el proceso constructivo.
9	Flora	Reserva ecología protegida.
10	Fauna	Animales silvestres protegidos y en cautiverio.
11	Ruido	Contaminación por decibeles permitidos para procesos de construcción.

No.	SALUD E HIGIENE	DESCRIPCIÓN
1	Epidemias	Enfermedades no controladas que afectan a una misma población.
2	Alimentación	Alimentos en descomposición o en mal estados para trabajadores.
3	Basura	Acumulación de basura que genere olores fetidos e insectos.
4	Seguridad interna	Uso de casco, botas, jeans, arneses y todo lo necesario para la seguridad del personal técnico.
5	Hospitales	Falta de espacio, medicinas y servicios en los lugares de apoyo a la salud.
6	Servicios	Falta de servicios, personales, agua, baño, etc., que generen un ambiente insano.
7	Plaga de insectos	Causada por la acumulación de basura, ratas, insectos, etc.

Figura 6. *Lista de control de riesgos.*

Una vez definidas las listas y las categorías que agrupan a cada uno de los riesgos, podemos obtener una distribución gráfica de los elementos participantes, en donde se observa el impacto relacionado de cada riesgo en cada categoría (sección 2.4.3).

Esta gráfica representa un primer filtro de ordenamiento, basado solo en la cantidad de riesgos que pudiera presentarse en cada lista.

Los resultados del análisis por lista de control, da como respuesta el porcentaje mostrado en esta gráfica, siendo estas categorías, las más denunciadas para la ocurrencia eventual de algún riesgo.



Figura 7. *Porcentajes de riesgos generales de mayor impacto.*

Después de agrupar y seleccionar los riesgos, las categorías son las siguientes:

CATEGORIAS DE RIESGO	% DE RIESGO
TÉCNICO Y CONSTRUCTIVO	33.33
ADMINISTRATIVO Y CONTRACTUAL	16.67
SOCIALES	16.67
MEDIO AMBIENTE	12.22
ECONÓMICO Y FINANCIERO	8.70
SALUD E HIGIENE	7.78
CERTIFICACIONES	6.52

Figura 8. *Categorías de riesgos.*

De esta información, solo se ha establecido la categorización de riesgo, ordenado de mayor a menos debido a la cantidad de riesgos enlistados en cada una de ellas; aun así, esto NO quiere decir que sean en ese orden definitivo, ya que abra que considerar otros aspectos a evaluar.

5.6 Análisis Cualitativo de Riesgos

- Jerarquización analítica

A continuación, se hará un proceso analítico jerárquico, que sugieren una combinación de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia de cada criterio involucrado en cada alternativa, integrando conceptos de tiempo, costo, calidad, seguridad, servicio, constructibilidad y sustentabilidad, tal que el resultado sea concebido desde un campo de calidad total, que se antepone a cada categoría respectiva (sección 2.5.2).

Representación jerárquica del problema.

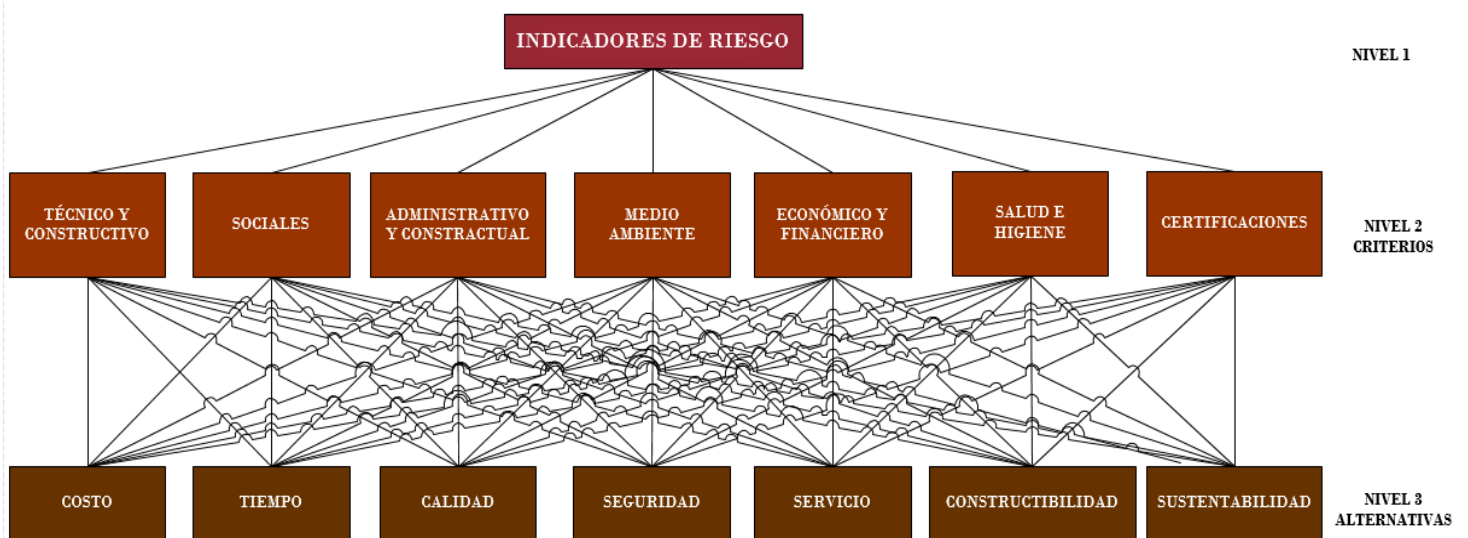


Figura 9. Indicadores de riesgo.

- Evaluación de criterios

De acuerdo con los indicadores de riesgo, se determina la matriz A, del nivel dos de criterios; dicha matriz se compara entre los elementos de ese mismo nivel. Los parámetros de comparación serán los estipulados en la tabla sugerida por Saaty.

Escala Fundamental		
Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual importancia.	Dos actividades contribuyen por igual al objetivo.
3	Importancia moderada de un elemento sobre otro.	La experiencia y el juicio están a favor de un elemento sobre otro.
5	Importancia fuerte de un elemento sobre otro.	Un elemento es fuertemente favorecido.
7	Importancia muy fuerte de un elemento sobre otro.	Un elemento es muy dominante.
9	Extrema importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es favorecido por al menos un orden de magnitud de diferencia.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	Se usan como compromiso entre dos juicios.
Incrementos 0,1	Valores intermedios en incrementos.	Utilización para graduación más fina de juicios.

Figura 10. Escala fundamental de Saaty.

Matriz A

Comparación de Criterios	Técnico y Constructivo	Sociales	Administrativo y contractual	Medio ambiente	Económico y financiero	Salud e higiene	Certificaciones	$\Sigma a_{1,2,n...}$
Técnico y Constructivo	1	3	1/2	3	1/3	2	1/2	9.17
Sociales	1/3	1	1/3	2	1/3	1/2	3	12.83
Administrativo y contractual	2	3	1	3	1/2	3	3	4.83
Medio ambiente	1/3	1/2	1/3	1	1/3	1/2	1/2	16.00
Económico y financiero	3	3	2	3	1	3	3	3.17
Salud e higiene	1/2	2	1/3	2	1/3	1	1/2	12.00
Certificaciones	2	1/3	1/3	2	1/3	2	1	11.50

Figura 11. Matriz A de comparación de criterios.

Una vez obtenida la matriz A, se suman las columnas correspondientes a cada indicador, posteriormente se genera la matriz W, dividiendo el número de cada casilla de la matriz A entre la suma correspondiente a cada indicador, generando una matriz traspuesta W.

Matriz W

Comparación de Criterios	Técnico y Constructivo	Sociales	Administrativo y contractual	Medio ambiente	Económico y financiero	Salud e higiene	Certificaciones	Pesos (W)
Técnico y Constructivo	0.109	0.234	0.103	0.188	0.105	0.167	0.043	0.136
Sociales	0.036	0.078	0.069	0.125	0.105	0.042	0.261	0.102
Administrativo y contractual	0.218	0.234	0.207	0.188	0.158	0.250	0.261	0.216
Medio ambiente	0.036	0.039	0.069	0.063	0.105	0.042	0.043	0.057
Económico y financiero	0.327	0.234	0.414	0.188	0.316	0.250	0.261	0.284
Salud e higiene	0.055	0.156	0.069	0.125	0.105	0.083	0.043	0.091
Certificaciones	0.218	0.026	0.069	0.125	0.105	0.167	0.087	0.114

Figura 12. Matriz traspuesta W.

La suma promedio de cada renglón del indicador correspondiente en la matriz W, representa el valor respecto a su comparación, esto quiere decir que es la magnitud en que se evalúa el indicador de acuerdo a los demás.

Hasta aquí, los criterios de la matriz A, respecto de la matriz W; sin embargo, estas matrices tienen inconsistencias dentro de su propio sistema, debido a que está constituido a juicio de un decisor, esta inconsistencia es el factor humano respectivo del pensamiento de cada participante, por lo que el método sugiere medir el grado de inconsistencia del decisor.

El índice de consistencia se puede medir como:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Donde:

λ_{max} Es el valor característico del promedio.

n Tamaño de la matriz.

Para calcular λ_{max} se multiplica A y W, por lo que el producto será igual a una matriz $AW = \lambda_{max}W$.

A continuación se promedian los valores de λ_{max} , obteniendo así el índice de inconsistencia IC .

$$\lambda_{max} = 7.769$$

De la siguiente tabla, se obtiene el valor de la CA respecto al tamaño de la matriz n .

ÍNDICE DE INCONSISTENCIA ALEATORIO (IA), EN FUNCIÓN DE LA DIMENSIÓN DE LA MATRIZ (n)										
Tamaño de la matriz "n"	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Consistencia Aleatoria "CA"	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Figura 13. Tabla de índices de inconsistencia aleatoria IA.

A=	1	3	1/2	3	1/3	2	1/2	W=	0.136
	1/3	1	1/3	2	1/3	1/2	3		0.102
	2	3	1	3	1/2	3	3		0.216
	1/3	1/2	1/3	1	1/3	1/2	1/2		0.057
	3	3	2	3	1	3	3		0.284
	1/2	2	1/3	2	1/3	1	1/2		0.091
	2	1/3	1/3	2	1/3	2	1		0.114

Figura 14. Matriz A, W para el cálculo de Tabla de índices de λ_{max} .

Calculando:

$$IC = \frac{\lambda \max - n}{n - 1}$$

Calculando:

$$IC = \frac{7.769 - 7}{7 - 1} = 0.128$$

A continuación se calcula la Razón de Inconsistencia.

$$RI = \frac{CI}{CA}$$

Donde:

RI Razón de inconsistencia.

CI Índice de consistencia.

CA Consistencia aleatoria.

$$RI = \frac{0.128}{1.320} = 0.097$$

A continuación se calcula la Razón de Inconsistencia.

$$RI = 0.097 \times 100\% = 9.70\%$$

La Razon de Inconsistencia (RI), determina el porcentaje de inconsistencia del mismo sistema bajos los criterios de analisis de las matrices A y W.

- Evaluación de alternativas

Una vez comparados los criterios de los indicadores de riesgos, se analizan ahora cada indicador con cada uno de los criterios de costo, tiempo, calidad, seguridad, servicio, constructibilidad y sustentabilidad.

El procedimiento de cálculo será el mismo en cada una de las alternativas del tercer nivel interactuando con cada una de las del segundo nivel.

Se calcula la alternativa costo:

Matriz A

COSTO	Técnico y Constructivo	Sociales	Administrativo y contractual	Medio ambiente	Económico y financiero	Salud e higiene	Certificaciones	$\Sigma a_{i,1,2,n,\dots}$
Técnico y Constructivo	1	3	2	3	1/2	3	1/3	7.50
Sociales	1/3	1	1/3	2	1/2	1/2	1/2	13.50
Administrativo y contractual	1/2	3	1	3	1/2	3	3	6.33
Medio ambiente	1/3	1/2	1/3	1	1/3	1/2	1/2	16.00
Económico y financiero	2	2	2	3	1	3	3	3.50
Salud e higiene	1/3	2	1/3	2	1/3	1	1/2	13.00
Certificaciones	3	2	1/3	2	1/3	2	1	8.83

Figura 15. Matriz A, criterio de costo.

Matriz W

COSTO	Técnico y Constructivo	Sociales	Administrativo y contractual	Medio ambiente	Económico y financiero	Salud e higiene	Certificaciones	Pesos (W)
Técnico y Constructivo	0.133	0.222	0.316	0.188	0.143	0.231	0.038	0.181
Sociales	0.044	0.074	0.053	0.125	0.143	0.038	0.057	0.076
Administrativo y contractual	0.067	0.222	0.158	0.188	0.143	0.231	0.340	0.193
Medio ambiente	0.044	0.037	0.053	0.063	0.095	0.038	0.057	0.055
Económico y financiero	0.267	0.148	0.316	0.188	0.286	0.231	0.340	0.253
Salud e higiene	0.044	0.148	0.053	0.125	0.095	0.077	0.057	0.086
Certificaciones	0.400	0.148	0.053	0.125	0.095	0.154	0.113	0.155

Figura 16. Matriz W, criterio de costo.

A=	1	3	2	3	1/2	3	1/3	W=	0.181
	1/3	1	1/3	2	1/2	1/2	1/2		0.076
	1/2	3	1	3	1/2	3	3		0.193
	1/3	1/2	1/3	1	1/3	1/2	1/2		0.055
	2	2	2	3	1	3	3		0.253
	1/3	2	1/3	2	1/3	1	1/2		0.086
	3	2	1/3	2	1/3	2	1		0.155

Figura 17. Matriz A, W para el cálculo de Tabla de índices de λ_{max} , criterio de costo.

Razón de Inconsistencia.

$$RI = 0.103 \times 100\% = 10.30\%$$

Se calcula la alternativa tiempo:

Matriz A

TIEMPO	Técnico y Constructivo	Sociales	Administrativo y contractual	Medio ambiente	Económico y financiero	Salud e higiene	Certificaciones	$\Sigma a_{i1,2,n,\dots}$
Técnico y Constructivo	1	3	2	2	1/2	3	2	5.17
Sociales	1/3	1	1/3	2	1/2	2	1/2	12.00
Administrativo y contractual	1/2	3	1	3	1/2	3	3	6.33
Medio ambiente	1/2	1/2	1/3	1	1/2	1/3	1/2	15.00
Económico y financiero	2	2	2	2	1	3	3	3.67
Salud e higiene	1/3	1/2	1/3	3	1/3	1	1/3	15.33
Certificaciones	1/2	2	1/3	2	1/3	3	1	10.33

Figura 18. Matriz A, criterio de tiempo.

TIEMPO	Técnico y Constructivo	Sociales	Administrativo y contractual	Medio ambiente	Económico y financiero	Salud e higiene	Certificaciones	Pesos (W)
Técnico y Constructivo	0.194	0.250	0.316	0.133	0.136	0.196	0.194	0.203
Sociales	0.065	0.083	0.053	0.133	0.136	0.130	0.048	0.093
Administrativo y contractual	0.097	0.250	0.158	0.200	0.136	0.196	0.290	0.190
Medio ambiente	0.097	0.042	0.053	0.067	0.136	0.022	0.048	0.066
Económico y financiero	0.387	0.167	0.316	0.133	0.273	0.196	0.290	0.252
Salud e higiene	0.065	0.042	0.053	0.200	0.091	0.065	0.032	0.078
Certificaciones	0.097	0.167	0.053	0.133	0.091	0.196	0.097	0.119

Figura 19. Matriz W, criterio de tiempo.

A=	1	3	2	2	1/2	3	2	W=	0.203
	1/3	1	1/3	2	1/2	2	1/2		0.093
	1/2	3	1	3	1/2	3	3		0.190
	1/2	1/2	1/3	1	1/2	1/3	1/2		0.066
	2	2	2	2	1	3	3		0.252
	1/3	1/2	1/3	3	1/3	1	1/3		0.078
	1/2	2	1/3	2	1/3	3	1		0.119

Figura 20. Matriz A, W para el cálculo de Tabla de índices de λ_{max} , criterio de tiempo.

Razón de Inconsistencia.

$$RI = 0.084 \times 100\% = 8.40\%$$

Se calcula la alternativa calidad:

Matriz A

CALIDAD	Técnico y Constructivo	Sociales	Administrativo y contractual	Medio ambiente	Económico y financiero	Salud e higiene	Certificaciones	$\Sigma a_{i1,2,n,\dots}$
Técnico y Constructivo	1	3	1/2	3	1/2	2	1/2	8.17
Sociales	1/3	1	1/3	3	1/3	1/2	1/2	14.33
Administrativo y contractual	2	3	1	3	1/2	3	1/3	7.50
Medio ambiente	1/3	1/3	1/3	1	1/3	1/3	1/2	18.00
Económico y financiero	2	3	2	3	1	3	1/2	5.00
Salud e higiene	1/2	2	1/3	3	1/3	1	3	10.17
Certificaciones	2	2	3	2	2	1/3	1	6.33

Figura 21. Matriz A, criterio de calidad.

CALIDAD	Técnico y Constructivo	Sociales	Administrativo y contractual	Medio ambiente	Económico y financiero	Salud e higiene	Certificaciones	Pesos (W)
Técnico y Constructivo	0.122	0.209	0.067	0.167	0.100	0.197	0.079	0.134
Sociales	0.041	0.070	0.044	0.167	0.067	0.049	0.079	0.074
Administrativo y contractual	0.245	0.209	0.133	0.167	0.100	0.295	0.053	0.172
Medio ambiente	0.041	0.023	0.044	0.056	0.067	0.033	0.079	0.049
Económico y financiero	0.245	0.209	0.267	0.167	0.200	0.295	0.079	0.209
Salud e higiene	0.061	0.140	0.044	0.167	0.067	0.098	0.474	0.150
Certificaciones	0.245	0.140	0.400	0.111	0.400	0.033	0.158	0.212

Figura 22. Matriz W, criterio de calidad.

A=	1	3	1/2	3	1/2	2	1/2	W=	0.134
	1/3	1	1/3	3	1/3	1/2	1/2		0.074
	2	3	1	3	1/2	3	1/3		0.172
	1/3	1/3	1/3	1	1/3	1/3	1/2		0.049
	2	3	2	3	1	3	1/2		0.209
	1/2	2	1/3	3	1/3	1	3		0.150
	2	2	3	2	2	1/3	1		0.212

Figura 23. Matriz A, W para el cálculo de Tabla de índices de λ_{max} , criterio de calidad.

Razón de Inconsistencia.

$$RI = 0.146 \times 100\% = 14.60\%$$

Se calcula alternativa seguridad:

Matriz A

SEGURIDAD	Técnico y Constructivo	Sociales	Administrativo y contractual	Medio ambiente	Económico y financiero	Salud e higiene	Certificaciones	$\Sigma a_{i1,2,n...}$
Técnico y Constructivo	1	3	1/2	2	1/2	2	3	6.67
Sociales	1/3	1	1/3	3	1/3	1/2	1/3	15.33
Administrativo y contractual	2	3	1	3	1/2	3	1/3	7.50
Medio ambiente	1/2	1/3	1/3	1	1/3	1/2	2	14.50
Económico y financiero	2	3	2	3	1	3	1/2	5.00
Salud e higiene	1/2	2	1/3	2	1/3	1	1/3	13.00
Certificaciones	1/3	3	3	1/2	2	3	1	7.50

Figura 24. Matriz A, criterio de seguridad.

SEGURIDAD	Técnico y Constructivo	Sociales	Administrativo y contractual	Medio ambiente	Económico y financiero	Salud e higiene	Certificaciones	Pesos (W)
Técnico y Constructivo	0.150	0.196	0.067	0.138	0.100	0.154	0.400	0.172
Sociales	0.050	0.065	0.044	0.207	0.067	0.038	0.044	0.074
Administrativo y contractual	0.300	0.196	0.133	0.207	0.100	0.231	0.044	0.173
Medio ambiente	0.075	0.022	0.044	0.069	0.067	0.038	0.267	0.083
Económico y financiero	0.300	0.196	0.267	0.207	0.200	0.231	0.067	0.210
Salud e higiene	0.075	0.130	0.044	0.138	0.067	0.077	0.044	0.082
Certificaciones	0.050	0.196	0.400	0.034	0.400	0.231	0.133	0.206

Figura 25. Matriz W, criterio de seguridad.

A=	1	3	1/2	2	1/2	2	3	W=	0.172
	1/3	1	1/3	3	1/3	1/2	1/3		0.074
	2	3	1	3	1/2	3	1/3		0.173
	1/2	1/3	1/3	1	1/3	1/2	2		0.083
	2	3	2	3	1	3	1/2		0.210
	1/2	2	1/3	2	1/3	1	1/3		0.082
	1/3	3	3	1/2	2	3	1		0.206

Figura 26. Matriz A, W para el cálculo de Tabla de índices de λ_{max} , criterio de seguridad.

Razón de Inconsistencia.

$$RI = 0.150 \times 100\% = 15.0\%$$

Se calcula alternativa servicio:

Matriz A

SERVICIO	Técnico y Constructivo	Sociales	Administrativo y contractual	Medio ambiente	Económico y financiero	Salud e higiene	Certificaciones	$\Sigma a_{i1,2,n,\dots}$
Técnico y Constructivo	1	3	1/2	1/2	1/3	1/3	2	11.83
Sociales	1/3	1	1/3	3	1/3	2	1/2	12.83
Administrativo y contractual	2	3	1	3	1/2	3	2	5.00
Medio ambiente	2	1/3	1/3	1	1/3	1/2	1/2	14.50
Económico y financiero	3	3	2	3	1	1/2	1/2	6.50
Salud e higiene	3	1/2	1/3	2	2	1	2	7.83
Certificaciones	1/2	2	1/2	2	2	1/2	1	8.50

Figura 27. Matriz A, criterio de servicio.

SERVICIO	Técnico y Constructivo	Sociales	Administrativo y contractual	Medio ambiente	Económico y financiero	Salud e higiene	Certificaciones	Pesos (W)
Técnico y Constructivo	0.085	0.234	0.100	0.034	0.051	0.043	0.235	0.112
Sociales	0.028	0.078	0.067	0.207	0.051	0.255	0.059	0.106
Administrativo y contractual	0.169	0.234	0.200	0.207	0.077	0.383	0.235	0.215
Medio ambiente	0.169	0.026	0.067	0.069	0.051	0.064	0.059	0.072
Económico y financiero	0.254	0.234	0.400	0.207	0.154	0.064	0.059	0.196
Salud e higiene	0.254	0.039	0.067	0.138	0.308	0.128	0.235	0.167
Certificaciones	0.042	0.156	0.100	0.138	0.308	0.064	0.118	0.132

Figura 28. Matriz W, criterio de servicio.

A=	1	3	1/2	1/2	1/3	1/3	2	W=	0.112
	1/3	1	1/3	3	1/3	2	1/2		0.106
	2	3	1	3	1/2	3	2		0.215
	2	1/3	1/3	1	1/3	1/2	1/2		0.072
	3	3	2	3	1	1/2	1/2		0.196
	3	1/2	1/3	2	2	1	2		0.167
	1/2	2	1/2	2	2	1/2	1		0.132

Figura 29. Matriz A, W para el cálculo de Tabla de Índices de λ_{max} , criterio de servicio.

Razón de Inconsistencia.

$$RI = 0.128 \times 100\% = 12.80\%$$

Se calcula alternativa constructibilidad:

Matriz A

CONSTRUCTIBILIDAD	Técnico y Constructivo	Sociales	Administrativo y contractual	Medio ambiente	Económico y financiero	Salud e higiene	Certificaciones	$\Sigma a_{i1,2,n,\dots}$
Técnico y Constructivo	1	3	1/2	3	1/2	3	1/2	8.00
Sociales	1/3	1	1/3	2	1/3	1/3	1/3	16.50
Administrativo y contractual	2	3	1	3	1/2	1/3	1/2	9.17
Medio ambiente	1/3	1/2	1/3	1	1/3	1/3	1/3	18.00
Económico y financiero	2	3	2	3	1	3	3	3.33
Salud e higiene	1/3	3	3	3	1/3	1	3	8.33
Certificaciones	2	3	2	3	1/3	1/3	1	8.67

Figura 30. Matriz A, criterio de constructibilidad.

CONSTRUCTIBILIDAD	Técnico y Constructivo	Sociales	Administrativo y contractual	Medio ambiente	Económico y financiero	Salud e higiene	Certificaciones	Pesos (W)
Técnico y Constructivo	0.125	0.182	0.055	0.167	0.150	0.360	0.058	0.157
Sociales	0.042	0.061	0.036	0.111	0.100	0.040	0.038	0.061
Administrativo y contractual	0.250	0.182	0.109	0.167	0.150	0.040	0.058	0.136
Medio ambiente	0.042	0.030	0.036	0.056	0.100	0.040	0.038	0.049
Económico y financiero	0.250	0.182	0.218	0.167	0.300	0.360	0.346	0.260
Salud e higiene	0.042	0.182	0.327	0.167	0.100	0.120	0.346	0.183
Certificaciones	0.250	0.182	0.218	0.167	0.100	0.040	0.115	0.153

Figura 31. Matriz W, criterio de constructibilidad.

A=	1	3	1/2	3	1/2	3	1/2	W=	0.157
	1/3	1	1/3	2	1/3	1/3	1/3		0.061
	2	3	1	3	1/2	1/3	1/2		0.136
	1/3	1/2	1/3	1	1/3	1/3	1/3		0.049
	2	3	2	3	1	3	3		0.260
	1/3	3	3	3	1/3	1	3		0.183
	2	3	2	3	1/3	1/3	1		0.153

Figura 32. Matriz A, W para el cálculo de Tabla de índices de λ_{max} , criterio de constructibilidad.

Razón de Inconsistencia.

$$RI = 0.179 \times 100\% = 17.90\%$$

Se calcula alternativa sustentabilidad:

Matriz A

SUSTENTABILIDAD	Técnico y Constructivo	Sociales	Administrativo y contractual	Medio ambiente	Económico y financiero	Salud e higiene	Certificaciones	$\Sigma ai_{1,2,n...}$
Técnico y Constructivo	1	2	1/2	2	1/3	3	3	7.67
Sociales	1/2	1	1/3	2	1/3	1/2	1/2	13.33
Administrativo y contractual	2	3	1	3	1/2	3	2	5.00
Medio ambiente	1/2	1/3	1/3	1	1/3	1/3	1/2	16.00
Económico y financiero	3	3	2	3	1	1/2	2	5.00
Salud e higiene	1/3	2	1/3	3	2	1	1/3	11.33
Certificaciones	1/3	2	1/2	2	1/2	3	1	9.33

Figura 33. Matriz A, criterio de sustentabilidad.

SUSTENTABILIDAD	Técnico y Constructivo	Sociales	Administrativo y contractual	Medio ambiente	Económico y financiero	Salud e higiene	Certificaciones	Pesos (W)
Técnico y Constructivo	0.130	0.150	0.100	0.125	0.067	0.265	0.321	0.165
Sociales	0.065	0.075	0.067	0.125	0.067	0.044	0.054	0.071
Administrativo y contractual	0.261	0.225	0.200	0.188	0.100	0.265	0.214	0.207
Medio ambiente	0.065	0.025	0.067	0.063	0.067	0.029	0.054	0.053
Económico y financiero	0.391	0.225	0.400	0.188	0.200	0.044	0.214	0.237
Salud e higiene	0.043	0.150	0.067	0.188	0.400	0.088	0.036	0.139
Certificaciones	0.043	0.150	0.100	0.125	0.100	0.265	0.107	0.127

Figura 34. Matriz W, criterio de sustentabilidad.

A=	1	2	1/2	2	1/3	3	3	W=	0.165
	1/2	1	1/3	2	1/3	1/2	1/2		0.071
	2	3	1	3	1/2	3	2		0.207
	1/2	1/3	1/3	1	1/3	1/3	1/2		0.053
	3	3	2	3	1	1/2	2		0.237
	1/3	2	1/3	3	2	1	1/3		0.139
	1/3	2	1/2	2	1/2	3	1		0.127

Figura 35. Matriz A, W para el cálculo de Tabla de índices de λ_{max} , criterio de sustentabilidad.

Razón de Inconsistencia.

$$RI = 0.115 \times 100\% = 11.50\%$$

- Jerarquización de alternativas

Finalmente, para conocer qué alternativa es la más importante de acuerdo a los criterios establecidos, se realizan los siguientes cálculos.

Se multiplica cada una de las componentes de la matriz de criterios de pesos (W_n), por las correspondientes de la matriz de pesos de cada una de las alternativas (W_{n+1}), esto es:

	COSTO		TIEMPO		CALIDAD		SEGURIDAD		SERVICIO		CONSTRUCTIBILIDAD		SUSTENTABILIDAD		
	0.181		0.203		0.134		0.172		0.112		0.157		0.165	0.149	
0.136	0.076	+ 0.102	0.093	+	0.216	0.074	+ 0.057	0.074	+ 0.284	0.106	+ 0.091	0.061	+ 0.114	0.071	= 0.084
	0.193		0.190		0.172		0.173		0.215		0.136		0.207	0.190	
	0.055		0.066		0.049		0.083		0.072		0.049		0.053	0.061	
	0.253		0.252		0.209		0.210		0.196		0.260		0.237	0.224	
	0.086		0.078		0.150		0.082		0.167		0.183		0.139	0.137	
	0.155		0.119		0.212		0.206		0.132		0.153		0.127	0.157	

Figura 36. Matriz de jerarquización.

Los resultados jerarquizados son:

#	Indicadores de riesgo	Peso (w)
1	Económico y financiero	0.224
2	Administrativo y legal	0.190
3	Certificaciones	0.157
4	Técnico y construcción	0.149
5	Salud e higiene	0.137
6	Social	0.084
7	Medio ambiente	0.061

Figura 37. Jerarquización en Indicadores de riesgos.

Un indicador es la comparación entre dos o más tipos de datos que sirve para elaborar una medida cuantitativa o una observación cualitativa. Esta comparación arroja un valor, una magnitud o un criterio, que tiene significado para quien lo analiza.

Los indicadores se utilizan en diversos ámbitos, un ejemplo básico de indicador en porcentaje pueden ser la tasa de empleo, la tasa de desempleo, la tasa de actividad, la tasa de informalidad, y eso por mencionar algunos. Por consiguiente el indicador de riesgo de mayor impacto en este trabajo, bajo los criterios ya establecidos anteriormente será, el económico y financiero (.).

5.7 Riesgos (Entradas y Salidas)

Las principales salidas en la Identificación de Riesgos son las entradas iniciales, en decir; las entradas son las causas y las salidas los efectos. En sí, el riesgo generado siempre será causado, y como consecuencia tendrá daños colaterales que afecten de manera directa a nuestro proyecto.

Tomando como herramienta la Lista de Riesgos del indicativo ya jerarquizado del análisis anterior, se presenta a continuación, la descripción de cada causa y su contraparte los efectos, como las entradas y salidas de nuestros riesgos.

INDICATIVO	CAUSAS	DESCRIPCIÓN	CONSECUENCIA
RIESGO ECONÓMICO Y FINANCIERO	Inflación	Aumento sostenido y generalizado de los precios de bienes y servicios.	- Pérdida de eficiencia económica. Escases o disponibilidad de materiales para construcción.
			- Mala toma de decisiones en la compra de materiales, equipo y herramienta.
			- Reducción de poder adquisitivo. Reduce el valor del dinero respecto a los bienes y servicios.
			- Reducción de agentes de inversión . Solo se enfocan en proyectos a corto plazo.
	Seguros	Aquello carente de pago, que puede verse en peligro, daño o amenaza.	- Incumplimiento de acuerdos que se han conciliado para el proyecto.
			- Incumplimiento de responsabilidades por daños y trabajos inconclusos.
			- Incumplimiento de alcances y garantías.
	Fianzas	Cantidad de dinero no presentado, que asegurar el cumplimiento de obligaciones.	- Incumplimiento de obligaciones contractuales.
			- Fraude.
			- Abuso de confianza y reclamaciones indebidas.
	Licencias	Sin permiso ni autorización para realizar las actividades del proyecto.	- Clausura de obra.
			- Sobrecostos.
			- Pago de multas.
	Competencia	Agente económico con libertad de ofrecer mejores bienes y servicios.	- Egresos por equipo y herramienta arrendada a terceros.
- Precios más bajos para propuestas económicas.			
Financiamiento	Mal historial crediticio y referencias bancarias.	- Descapitalización.	
		- Baja rentabilidad.	
		- Endeudamiento.	
Banca y mercados de capital	Nula relación de una sociedad, para el desarrollo económico y ahorro a inversión.	- Inversionistas de pocos recursos.	
		- Escaso valor para inversionistas.	
		- Operaciones financieras nulas.	
Garantías	Incumplimiento de una obligación o pago de una deuda.	- Retenciones sobre el costo de obra.	
		- Incumplimiento de garantía por defectos constructivos.	
		- Incumplimiento de garantía por funcionalidad del inmueble.	

Figura 38. Causas del indicativo de riesgo económico y financiero.

INDICATIVO	EFEECTO	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
RIESGO ECONÓMICO Y FINANCIERO	Deflexión	Disminución de los precios de bienes y servicios.	- Estabilidad de precios. Se incentiva el ahorro.
			- Mejor asignación de recursos para el proyecto.
			- Se fomenta el desarrollo de nuevos instrumentos de mediano y largo plazo.
			- Reducción de tasas de interés y activación de inversión.
	Pago de Seguros	Aquello que esta libre cubierto de pago en cualquier peligro, daño o amenaza.	- Cumplimiento de acuerdos que se han conciliado para el proyecto.
			- Cumplimiento de responsabilidades por daños y trabajos inconclusos.
			- Cumplimiento de alcances y garantías.
	Pago de Fianzas	Cantidad de dinero en resguardo, hasta que se asegure el cumplimiento de obligaciones.	- Cumplimiento de obligaciones contractuales.
			- Evidencia de pago para el cumplimiento de las obligaciones.
			- Confianza en la ejecución de los trabajos.
	Trámite de Licencias	Autorización y permiso para realizar las actividades del proyecto.	- Libre ejecución de actividades.
			- Recursos solventes para proyecto.
			- Ahorro de sanciones por pago de multas.
	Equilibrio de Competencia	Agente económico con libertad de ofrecer bienes y servicios con la misma calidad y precio.	- Ingresos por equipo y herramienta propia.
			- Equilibrio de precios respecto a la competencia.
	Financiamiento	Buen historial crediticio y referencias bancarias.	- Capitalización.
- Buena rentabilidad.			
- Libertad financiera por no adeudos.			
Relaciones con los mercados de capital	Desarrollo económico de una sociedad, de ahorro a inversión.	- Inversionistas con recursos excedentes para invertir en valores.	
		- Valor de inversión.	
		- Activación de operaciones financieras en mercados de valor.	
Cumplimiento de Garantías	Seguridad al cumplimiento de una obligación o pago de una deuda.	- Liberación de garantías sin retenciones.	
		- Liberación de garantías por defectos constructivos.	
		- Liberación de garantías por funcionalidad del inmueble.	

Figura 39. Efectos del indicativo de riesgo económico y financiero.

5.8 Análisis Cuantitativo de Riesgos

- Árbol de objetivos

A partir de las causas y los efectos, se propone el siguiente árbol de objetivos (sección 3.1,2).

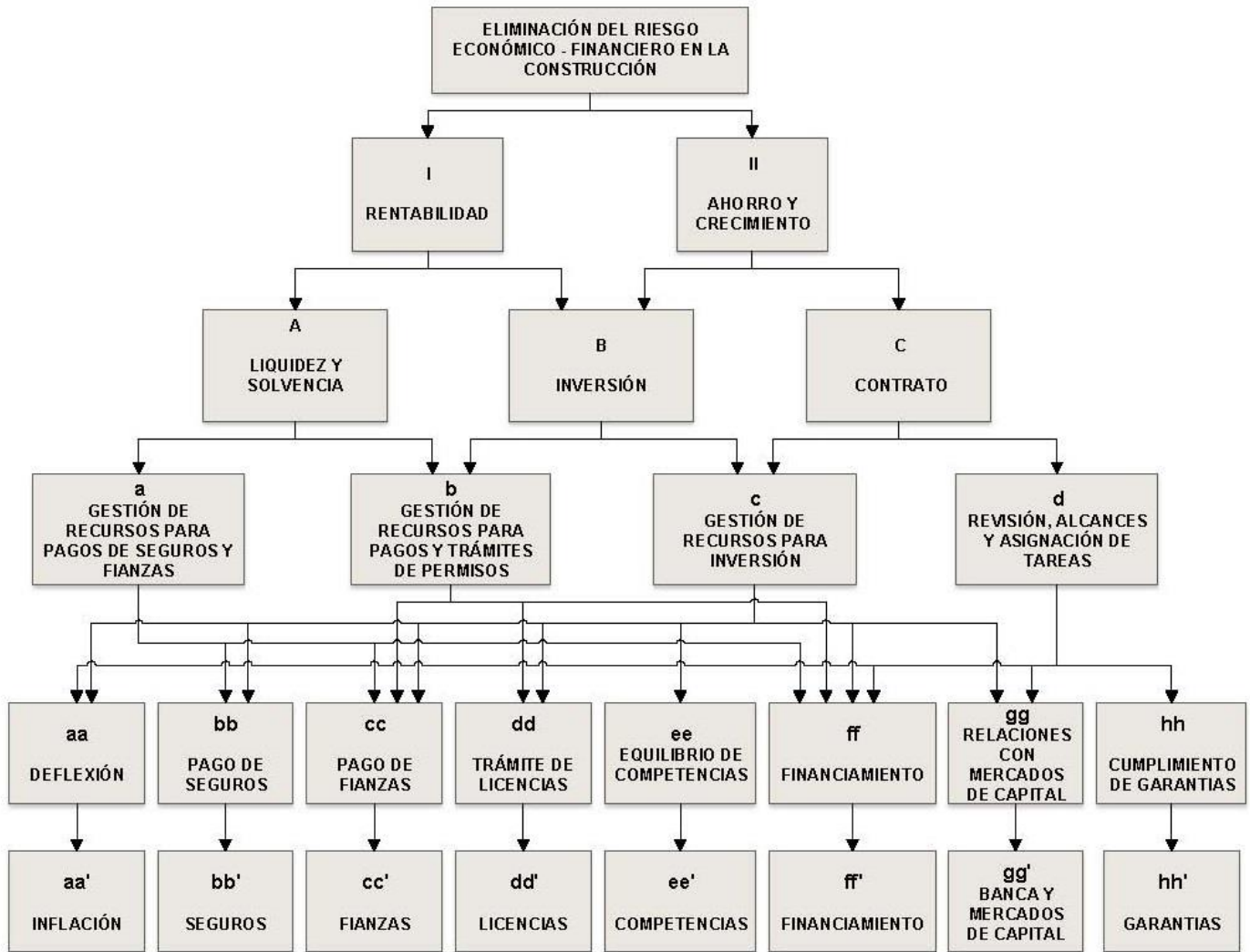


Figura 40. Árbol de objetivos.

- Evaluación de los objetivos

Con base en los efectos determinados por las causas de los riesgos, se propone las acciones, metas y objetivos que en principio cumplirán el propósito de este análisis.

Se construye un diagrama de árbol de objetivos. Para este caso, se determinó un grupo de seis personas (m), a los cuales se les asignó un coeficiente de competencia (Kc) de acuerdo a su experiencia y trayectoria, posteriormente, todos evaluaron al árbol con su criterio y así se estimó la importancia relativa de los objetivos.

EVALUACIÓN DE LOS OBJETIVOS
Matriz de calificaciones

m	Kc	I	II
1	9	9	8
2	9	9	8
3	8	9	8
4	8	9	9
5	9	9	8
6	8	9	9
Cirsn		459	424
Cirn		0.520	0.480
Cirt		0.520	0.480

Figura 41. *Evaluación de objetivos.*

EVALUACIÓN DE SUB OBJETIVOS
Matriz de calificaciones

m	Kc	I		II	
		A	B	B	C
1	9	10	9	8	8
2	9	10	9	8	9
3	8	10	9	9	8
4	8	9	9	9	8
5	9	9	9	8	8
6	8	10	9	9	8
Cirsn		493	459	432	417
Cirn		0.518	0.482	0.509	0.491
Cirt		0.269	0.251	0.244	0.236

Figura 42. Evaluación de sub objetivos.

EVALUACIÓN DE METAS
Matriz de calificaciones

m	Kc	I				II			
		A		B		B		C	
		a	b	b	c	b	c	c	d
1	9	9	9	9	8	9	8	9	9
2	9	9	9	9	9	8	9	9	9
3	8	8	9	8	9	8	9	8	9
4	8	8	8	9	8	9	8	8	8
5	9	9	9	9	8	9	8	8	9
6	8	9	9	9	9	8	9	9	9
Cirsn		443	451	451	433	434	433	434	451
Cirn		0.496	0.504	0.510	0.490	0.501	0.499	0.490	0.510
Cirt		0.133	0.136	0.128	0.123	0.122	0.122	0.116	0.120

Figura 43. Evaluación de metas.

EVALUACIÓN DE ACCIONES O EFECTOS
Matriz de calificaciones

		I					
		A					
		a			b		
m	Kc	bb	cc	ff	cc	dd	ff
1	9	9	9	8	8	9	7
2	9	9	9	8	9	8	8
3	8	8	8	8	8	9	7
4	8	9	9	7	8	9	8
5	9	9	9	8	8	8	7
6	8	9	9	8	8	9	7
Cirsn		451	451	400	417	441	374
Cirn		0.346	0.346	0.307	0.338	0.358	0.304
Cirt		0.0462	0.0462	0.0410	0.0460	0.0486	0.0412

Figura 44. Evaluación de acciones y efectos en I.

		I									
		B									
		b			c						
m	Kc	cc	dd	ff	aa	bb	cc	dd	ee	ff	gg
1	9	8	9	9	8	8	8	8	9	9	9
2	9	8	9	9	7	8	8	8	8	9	9
3	8	7	9	8	8	7	8	8	9	9	9
4	8	8	9	9	8	7	7	8	8	9	9
5	9	8	9	9	7	8	7	8	8	9	9
6	8	8	9	9	7	8	8	8	9	9	9
Cirsn		400	459	451	382	392	391	408	433	459	459
Cirn		0.305	0.350	0.344	0.131	0.134	0.134	0.140	0.148	0.157	0.157
Cirt		0.0390	0.0448	0.0440	0.0160	0.0165	0.0164	0.0171	0.0182	0.0193	0.0193

Figura 45. Evaluación de acciones y efectos en I.

		II									
		B									
		b			c						
m	Kc	cc	dd	ff	aa	bb	cc	dd	ee	ff	gg
1	9	8	8	9	8	8	8	9	9	9	10
2	9	7	8	9	8	8	9	8	8	10	9
3	8	8	8	8	8	8	8	8	7	10	10
4	8	8	8	9	7	9	8	9	9	9	9
5	9	7	8	8	8	8	9	8	7	9	10
6	8	8	8	9	7	8	8	8	8	9	9
Cirsn		390	408	442	392	416	426	425	408	476	485
Cirn		0.315	0.329	0.356	0.129	0.137	0.141	0.140	0.135	0.157	0.160
Cirt		0.0385	0.0402	0.0436	0.0158	0.0168	0.0172	0.0171	0.0164	0.0192	0.0195

Figura 46. Evaluación de acciones y efectos en II.

		II										
		C										
		c							d			
m	Kc	aa	bb	cc	dd	ee	ff	gg	aa	ff	gg	hh
1	9	8	9	9	9	8	9	8	7	9	10	8
2	9	8	8	8	9	7	9	8	8	8	9	9
3	8	7	9	8	9	7	8	8	8	9	10	8
4	8	8	7	8	8	8	9	9	8	8	9	8
5	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9
6	8	7	8	8	9	7	8	8	7	8	9	8
Cirsn		392	417	417	442	383	434	416	391	425	476	426
Cirn		0.135	0.144	0.144	0.152	0.132	0.150	0.143	0.228	0.247	0.277	0.248
Cirt		0.0156	0.0166	0.0166	0.0176	0.0153	0.0173	0.0166	0.0274	0.0297	0.0333	0.0298

Figura 47. Evaluación de acciones y efectos en II.

Finalmente, de acuerdo con el C_{irt} se jerarquizan los objetivos asociados a las acciones y causas.

Prioridad	Sub-objetivo	Meta	Efecto	Causa	Valor Cirt
1	I	A	b	dd	0.0486
2	I	A	a	bb	0.0462
3	I	A	a	cc	0.0462
4	I	A	b	cc	0.0460
5	I	B	b	dd	0.0448
6	I	B	b	ff	0.0440
7	II	B	b	ff	0.0436
8	I	A	b	ff	0.0412
9	I	A	a	ff	0.0410
10	II	B	b	dd	0.0402
11	I	B	b	cc	0.0390
12	II	B	b	cc	0.0385
13	II	C	d	gg	0.0333
14	II	C	d	hh	0.0298
15	II	C	d	ff	0.0297
16	II	C	d	aa	0.0274
17	II	B	c	gg	0.0195
18	I	B	c	gg	0.0193
19	I	B	c	ff	0.0193
20	II	B	c	ff	0.0192
21	I	B	c	ee	0.0182
22	II	C	c	dd	0.0176
23	II	C	c	ff	0.0173
24	II	B	c	cc	0.0172
25	I	B	c	ee	0.0171
26	II	B	c	dd	0.0171
27	II	B	c	bb	0.0168
28	II	C	c	bb	0.0166
29	II	C	c	cc	0.0166
30	II	C	c	gg	0.0166
31	I	B	c	bb	0.0165
32	II	B	c	ee	0.0164
33	I	B	c	cc	0.0164
34	I	B	c	aa	0.0160
35	II	B	c	aa	0.0158
36	II	C	c	aa	0.0156
37	II	C	c	ee	0.0153

Figura 48. *Objetivos jerarquizados.*

Una vez obtenidos los resultados jerarquizados tenemos las tres primeras opciones de riesgo:

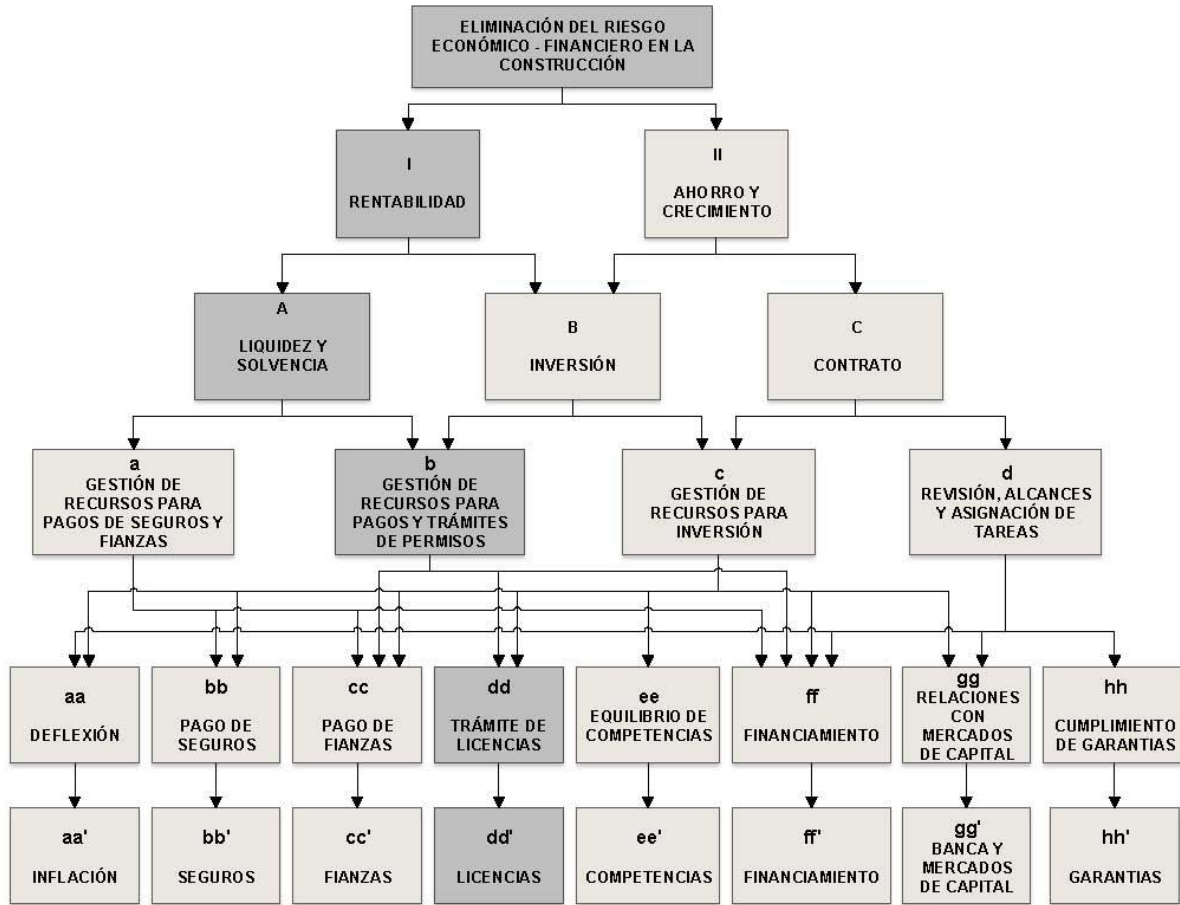


Figura 49. Primera opción de riesgo.

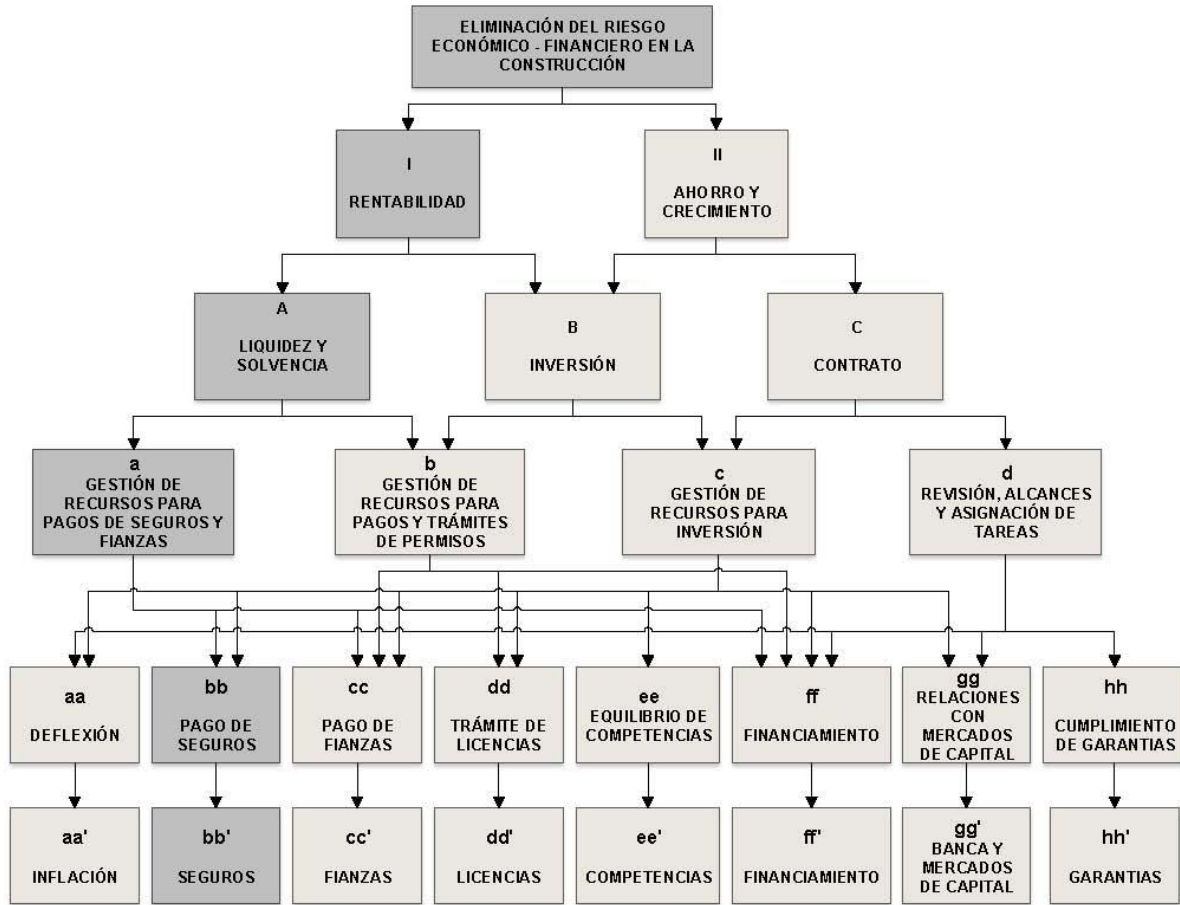


Figura 50. Segunda opción de riesgo.

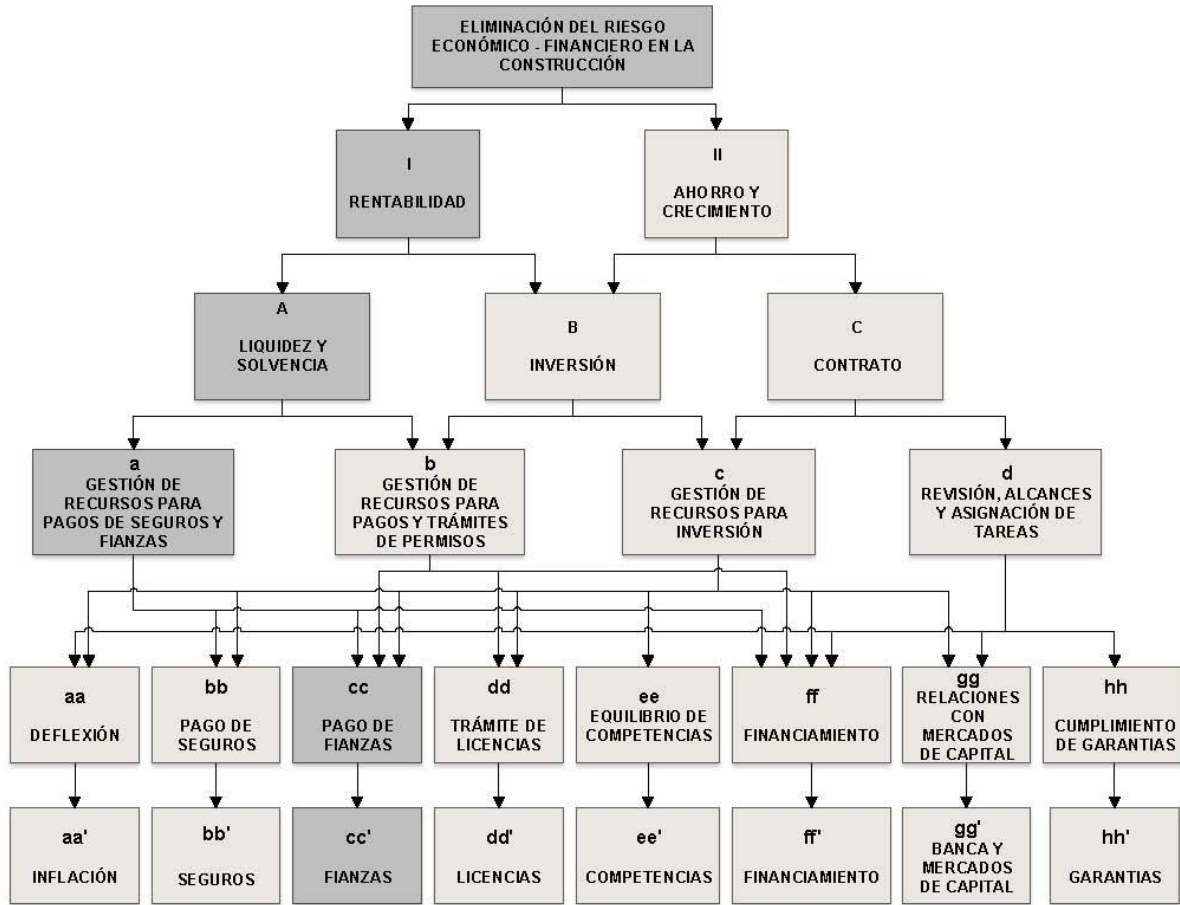


Figura 51. Tercera opción de riesgo.

5.9 Planificación de la Respuesta a Riesgos

Para este punto se desarrollan acciones específicas, esto es que los riesgos tienen que tener primordialmente tres opciones de contingencia, la primera será el cómo evitar el riesgo, la segunda como poder transferirlo, la tercera como poder mitigarlo y en todo caso de ser necesaria una cuarta será como poder aceptarlo.

A continuación en la siguiente tabla se muestran algunas propuestas de implementación (sección 4.2,3,4).

PLANEACIÓN PARA LA ADMINISTRACION O MITIGACION DEL RIESGO.

		EVITAR	TRASFERIR	MITIGAR	ACEPTAR
OBJETIVO	ELIMINACION DEL RIESGO ECONÓMICO - FINANCIERO EN LA CONSTRUCCIÓN	- Se pretende evitar que el riesgo económico y financiero se haga presente en los proyectos a realizar.	- El riesgo a socios, contratistas y subcontratistas.	- Que el riesgos sea eliminado o administrado en el proeyecto.	- Reducir el riesgo en su mas baja potencialidad, y documentar su comportamiento.
SUB OBJETIVO	RENTABILIDAD	- Se quiere evitar que las ganancias previstas en cada proyecto disminuyan por errores de presupuestación, ni se adquieran gastos excesivos que pongan en peligro el objeto de la empresa.	- Trasferir riesgos al área asignada en la planeación, presupuestación y cotización del proyecto. - Trasferir el riesgo de pérdidas a los proveedores y subcontratos, hasta asegurarse de ser entregable.	- El riesgo de no producir recursos ni ganancias. - La incertidumbre de pérdida en los análisis financieros y de rentabilidad.	- Revisar periódicamente la amenaza, así como actualizar costos, avances financieros y control de obra.
METAS	LIQUIDEZ Y SOLVENCIA	- Evitar pérdidas en el valor de acciones y de bienes que den valor a la empresa. - Evitar el incumplimiento de las obligaciones de pago en las condiciones y plazos pactados.	- A los directivos y gerentes del proyecto, para el buen control de los recursos. - A personal capaz de distinguir entre las necesidades primordiales en el crecimiento de la empresa.	- La inexperiencia en las tomas de decisiones en la pérdida de acciones y bienes de valor para la empresa. - Las acciones que no tengas análisis por parte de expertos.	- Establecer un sistema de control financiero, a base de reportes semanales, compras, etc. - Establecer los procesos de pagos y anticipos.
ACCIONES	GESTION DE RECURSOS PARA PAGOS Y TRÁMITES DE PERMISOS	- Evitar el endeudamiento e incumplimiento de los pagos para las obligaciones con otrámites, permisos, etc.	- A los administradores, supervisores y personal técnico, para investigar los montos asignados por los trámites para los permisos y así hacer la llamada de capital para cumplir con esta acción.	- Mitigar la mala continuidad de los procesos de gestión y administración para llamadas de capital.	- Reservar recursos para compromisos y obligaciones previstos en algún tiempo de la ejecución, esto incluirá tiempo, dinero y recursos.
EFFECTOS	TRÁMITE DE LICENCIAS	- Evitar los retrasos e inconsistencias técnicas, para el trámite de licencias y permisos.	- Trasferir a personas dedicadas al trámite y gestion de licencias, para que midan tiempos y retrasos para el proceso.	- Mitigar todo trámite de permiso extemporaneos. - Mitigar la postergación de los trámites para comienzo de obra.	- Aceptar la erogación económica del pago de licencias. - Cumplir con todos los requerimientos que al trámite involucre.
CAUSAS	LICENCIAS	- Evitar la cancelación de las obras, multas y sobrecostos por no tener la licencia adquirida.	- Trasferir a empresa o personas encargadas en la realización del proyecto.	- Mitigar acciones que contibuyan a la generación de riesgos causado por trámite de licencias, permisos, gestiones, especificaicones y requisitos.	- Que la importancia de los trámites de licencias y permisos, para evitar la cancelación y multa de los trabajos.

Figura 52. Respuesta al riesgo.

5.10 Seguimiento y Control de Riesgos

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:

- Actualización de la planificación de gestión de riesgos.
- Actualización del desglose de riesgos.
- Actualización de jerarquías de riesgos.
- Actualización de causas y efectos.
- Actualización de objetivos, acciones y metas.
- Documentación de lecciones aprendidas procedentes de las actividades de gestión de los riesgos del proyecto.

Estos puntos de gran importancia, deben actualizarse cada vez que sea necesario y si es que el proyecto modifica sus fines y sus alcances.

6. Conclusiones

El análisis de riesgos es una herramienta que puede orientarse en cualquier campo de la ingeniería civil, para planear y prevenir el bienestar de nuestros proyectos.

El análisis de riesgos realizado en este trabajo tiene un carácter muy sensible en cuanto a su evaluación, pues el punto crucial no es la metodología con la cual se desarrolla y se sustenta, si no el criterio con el cual se le asigna el valor.

Con dicho criterio me refiero principalmente al de las personas que se involucren en dicha evaluación, puesto que la percepción de cada una de ellas será diferente a las demás si es que no tienen bien definido el carácter y origen del riesgo, pero de ser lo contrario, las personas estarán en sintonía con la misma percepción de riesgo, por lo que este valor de incongruencia disminuirá notablemente.

Con respecto a esto, se presentaron las propuestas de riesgos de cada participante, y al someterlas a votación se encontró con el primer problema del cual ya hemos hecho mención, que es el criterio individual de cada uno, ya que al encausar un riesgo a un hecho específico denota el conocimiento de dicha persona para abordarlos, y es justo ahí donde los criterios se abren para el debate y la polémica, en donde los participantes opinan y se contraponen, y algunas veces se pierde el objeto de este análisis.

Creo que este punto es uno de los más importantes, y tal vez no tienen nada que ver con la metodología asignada para la evaluación, pero si representa un problema para el Gerente de Proyecto, pues él es quien tiene que llevar el orden y hacer que los criterios se centralicen en una sola idea o en un solo que hacer. El problema encontrado que origino retrasos en el avance de tesis fue justamente el desacuerdo en los pensamientos de cada integrante, por lo que se replanteo para hacerlo de manera personal y confidencial, sin enfrentarlos, de esta manera se pudo avanzar categorizando cada riesgo de origen similar.

Sin embargo, cada riesgo puede producirse por muchas causas, y aunque no todas tienen la jurisdicción en el problema que se presenta, sí pueden compartir consecuencias similares, por lo que se recomienda definir cada uno de los riesgos conforme a su impacto más racional y verdadero, es decir, enfocado solo al proyecto de evaluación.

Otro aspecto importante por señalar, es que cada indicativo tiene una lista de riesgos que lo respalda, cada riesgo en esa lista es originado por una causa que puede tener un mismo origen compartido con algún otro riesgo, pues bien, encontrar estas causas que originan el riesgo de ese indicativo, juega un valor muy importante al definir y determinar las acciones, metas y objetivos de mitigación o administración de riesgo, ya que esta información de no ser clara, perderá todo sentido de estructuración y por ende no cumplirá con el objeto de análisis.

Por lo anterior, es muy importante buscar desde el principio un equipo especializado en materia de riesgos, para evitar los conflictos ya mencionados y por otro lado eliminar las incongruencias respectivas en las primeras acciones en la generación de información.

Pues bien, siguiendo el análisis ya establecido, se obtienen los resultados en la jerarquización analítica, donde logramos visualizar la magnitud de cada categoría de acuerdo a la unidad, dicho valor, representa un indicativo de riesgo, esto es, que cada resultado puede ser útil al aplicarlo en algún sector de conveniencia, por lo que se añade como valor preponderante con respecto al tema de interés, que para nuestro caso es el riesgo.

Siendo el análisis de riesgos un comparativo de criterios desde su concepción hasta su evaluación, se establece un marco de referencia, pues se trata de un marco multicriterio, multientorno y con multiactores, esto quiere decir, que cada elemento en el marco de referencia se tomara en cuenta y se someterá a la misma evaluación con la misma importancia contra todos los elementos de análisis, no importando cuantos participantes sean, cuantos criterios tengamos y de cuantos proyectos hablemos, esto se puede definir como un sistema de reciprocidad y homogeneidad.

La jerarquización analítica solo evalúa el riesgo de mayor impacto, pues hasta este nivel del problema se puede decir, que el riesgo ya está evaluado, y los resultados de este se pueden aplicar con referencia a los sectores de nuestra importancia, ya que al tener un valor de referencia, nos está indicando el peso y la importancia asignado.

Posterior mente, viene el análisis del riesgo, ya que en esta parte se estudian las causas y los efectos, su impacto y sus acciones adversas por resolver. Para esta parte, se generó un diagrama de árbol de objetivos, que a diferencia de la jerarquización, nos servirá para encontrar y priorizar los riesgos que nos conlleven mayor interés en su mitigación, pero solo los que cumplan con acciones, metas y objetivos para resolver el impacto del riesgo.

Debido a esto y atreves de los resultados, se puede afirmar que los factores económicos y financieros son desde el punto de vista del gerente de proyecto, los más importantes para la realización de toda obra de ingeniería, pues es el aspecto económico quien dará la pauta para todo y cada uno de los trabajos a realizar, esto no quiere decir, que se deje sin importancia a las demás categorías de riesgos, sin embargo en un esquema general, los recursos económicos, serán siempre un factor importante para el desarrollo de proyectos así como para la rentabilidad y el objeto de una empresa.

Bibliografía

- Proyectos de Capital e Infraestructura. Análisis cuantitativo de riesgos. Price wáter houseCoopers PwC, S.C.2013.
- Proyectos de Capital e Infraestructura. Administración de riesgos y control de programas de construcción en megaproyectos. Price wáter houseCoopers PwC, S.C.2013
- Guía de los fundamentos de la dirección de proyectos. Gestión de los riesgos del proyecto. PMBOK.
- Ingeniería de Valor . Luis Diego Bolaños. Equilibrium 2000.
- Ingeniería de Valor. Beneficios y Oportunidades de Incremento del valor en obras de
- Ingeniería Civil. Manuel Alejandro Calzeta Valdés. Facultad de Ingeniería. UNAM. 2012. Tesis.
- Metodología para la implementación de Proyectos E-Learning. Versión 1. Ing. Reina Loaiza(1) y Ing. María Eugenia Arévalo(2), Universidad de Carabobo.
- Gestión de riesgos en proyectos en túneles. Universidad de la Rioja. Ignacio Extremiana. Tesis.
- Amabili M. (1996), "Free vibration of partially filled, horizontal cylindrical shells", Journal of Sound and Vibration, vol. 191, pp. 757-780.
- Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) Tercera Edición □2004 Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newtown Square, PA 19073-3299 EE.UU. 247
- Asegurando el Valor en Proyectos de Construcción: Un estudio de Técnicas y Herramientas de Gestión de Riesgos en la Etapa de Construcción, Luis Fernando Altez Villanueva, Universidad Católica del Perú. Tesis.
- Gestión de riesgos en construcción. García J. Universidad de Sonora.Escuela técnica superior de ingenieros de caminos canales y puertos de Madrid. Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Proyectos.
- Gerencia de riesgos en proyectos de construcción. Rafael de Heredia Scasso. Ingenieros industriales de Madrid, Análisis.
- Administración del riesgo en la industria de la construcción. Administración del riesgo. Seminarios.

- Guía metodológica para la gestión de la integración, alcance, tiempo, costo, comunicación, riesgo, y adquisiciones en proyectos de construcción de viviendas. Ing. Mario Carranza Colina. Universidad para la cooperación internacional. Tesis.
- Manual sobre riesgos en la construcción, daños a la obra y pérdida de beneficios anticipada (ALOP).
- Procedimiento análisis de riesgos. Gerencia de riesgos. Construcción pesada. ICA.
- Saaty, T (1980): The analytic hierarchy process. McGraw-Hill, New York.
- Ho, W., Dey, P. K. y Higson, H. (2006): Multiple criteria decision-making techniques in higher education, International Journal of Educational Management, vol. 20, no. 5, pp. 319-337.
- Alberto C y Carignano C. (2007): Apoyo Cuantitativo a las Decisiones. Asociación Cooperadora de la FCE de la UNC.
- García Cascales, M. (2009): Métodos para la comparación de alternativas mediante un Sistema de Ayuda a la Decisión (S.A.D.) y "Soft Computing. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Decisión con apoyo cuantitativo. Proceso analítico jerárquico (AHP).
- Técnicas participativas para la planeación. Árbol de objetivos. Gabriel de las Nieves Sánchez Guerrero. Cap. 20.
- Un sistema de metodologías para la planeación. Arturo Fuentes Zenón.
- HARKER, P.T. (ed.) (1986): The Analytic Hierarchy Process. Socio Economic Planning Sciences 20(6).
- SAATY, T.L. (1997): Toma de Decisiones para Líderes. RWS Publications.

Internet

- El desarrollo teórico de la metodología del valor.
<<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6152/18ANNEXHa.pdf?sequence=18>>

- Manejo de proyectos y control de riesgos.
<[http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/manejo_de_proyectos/\\$FILE/Sesi%C3%B3n%203%20-%20Manejo%20de%20proyectos%20y%20control%20de%20riesgos.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/manejo_de_proyectos/$FILE/Sesi%C3%B3n%203%20-%20Manejo%20de%20proyectos%20y%20control%20de%20riesgos.pdf)>

- Manual sobre riesgos en la construcción, daños a la obra y pérdidas de beneficios anticipada.
<<http://www.mapfre.com/ccm/content/documentos/mapfrere/fichero/es/Manual-Riesgos-Construccion-ALOP.pdf>>

- Evaluación e impacto, indicadores.
<<http://guia.oitcinterfor.org/como-evaluar/como-se-construyen-indicadores>>

- Mega tendencias, la globalización.
<http://www.tendencias21.net/12-medidas-para-corregir-los-males-de-la-globalizacion_a188.html>

- Seguros y finanzas.
<<http://www.fleitman.net/articulos/segurosFianzas.pdf>>

- Inflación.
<http://uae.uan.mx/d/f/album_uae/Inflacion.pdf>