

**ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS DE PROGRAMA Y PRESUPUESTO
EN UNA EMPRESA DE MANUFACTURA QUE TRABAJA POR PROYECTOS**

ALISON FERNANDA URBANO ORDOÑEZ



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2015**

**ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS DE PROGRAMA Y PRESUPUESTO
EN UNA EMPRESA DE MANUFACTURA QUE TRABAJA POR PROYECTOS**

ALISON FERNANDA URBANO ORDOÑEZ

**Proyecto de Grado presentado como requisito para optar al
Título de Ingeniero Industrial**

Director

CAMILO ANDRÉS MICÁN RINCÓN



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2015**

Nota de Aceptación:

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Santiago de Cali, Mayo de 2015

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a Dios y a la Virgensita por permitirme culminar esta etapa y por todas sus bendiciones.

A mis padres por su amor y apoyo incondicional y por su total disposición al momento de la realización de este proyecto. A mi mamá por siempre saber cómo animarme y apoyarme. A mi papá por sus enseñanzas. A mis hermanas por siempre estar presentes a lo largo de mi vida, por tener dispuestas sus palabras de aliento en momentos difíciles, y por confiar en mí.

A Fredy Alvarez por su amor y apoyo incondicional, por motivarme a seguir siempre adelante, y por siempre estar dispuesto cuando lo necesite.

Quiero agradecer a cada uno de mis profesores, especialmente al profesor Camilo Micán por su apoyo y dedicación constante para con este proyecto, sin las cuales nada de esto habría sido posible.

Agradecer a mis compañeros por su tan valiosa amistad y por tantas experiencias vividas juntos.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y GENERALIDADES	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.3 MARCO TEÓRICO	6
1.3.1 Gestión de riesgos	6
1.3.2 Análisis Modal de Fallos y Efectos en Riesgos (RFMEA).....	9
1.3.3 Simulación Monte Carlo.....	12
1.4 REVISIÓN DE LITERATURA	16
1.4.1 Análisis Modal de Fallos y Efectos en Riesgos (RFMEA).....	16
1.4.2 Simulación Monte Carlo.....	17
1.4.3 RFMEA y Simulación Monte Carlo	18
1.5 MARCO CONTEXTUAL	19
1.5.1 Sombreros Texanos	19
1.6 DISEÑO METODOLÓGICO	21
CAPITULO II: CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO	22
2.1 IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGOS	22
2.2 CATEGORIZACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO	25
2.2.1 Clasificación teórica de los factores de riesgo	25
2.2.2 Clasificación práctica de los factores de riesgo	30
CAPITULO III: PRIORIZACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO	35
3.1 Diseño y desarrollo de la entrevista 2.....	35
3.2 Aplicación de la herramienta RFMEA	36
CAPITULO IV: ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE RIESGO Y PLANTEAMIENTO DEL MODELO APLICADO AL CASO ESTUDIO.....	42
4.1 PROYECTO CASO ESTUDIO.....	42
4.2 PLANTEAMIENTO DEL MODELO DE SIMULACIÓN	43
4.2.1 Definición del grado de influencia de los riesgos sobre las actividades	43
4.2.2 Variables de entrada requeridas.....	47

4.3	CONSTRUCCIÓN DEL MODELO ESTOCÁSTICO	49
CAPITULO V: SIMULACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS.....		51
5.1	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN.....	51
5.2	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	54
5.2.1	Análisis de resultados.....	54
5.2.2	Correlación entre costo y duración del proyecto.....	56
5.3	PRIORIZACIÓN DE LOS RIESGOS (GRÁFICOS DE TORNADO).....	57
5.4	VALIDACIÓN DEL MODELO.....	59
5.4.1	Estabilidad del modelo.....	60
6. CONCLUSIONES		63
7. BIBLIOGRAFÍA		66
8. ANEXOS.....		69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de la administración del riesgo	6
Figura 2. Proceso del RFMEA	9
Figura 3. Proceso de la simulación Monte Carlo.....	13
Figura 4. Metodología para el análisis del riesgo.....	16
Figura 5. Diagrama de bloques del proceso productivo de los sombreros	19
Figura 6. Diseño metodológico	21
Figura 7. Pareto Puntaje de riesgo de programa (promedio).....	37
Figura 8. Pareto RPN riesgos de programa (promedio).....	38
Figura 9. Pareto Puntaje de riesgo de presupuesto (promedio)	38
Figura 10. Pareto RPN riesgos de presupuesto (promedio)	39
Figura 11. RPN vs Puntaje de riesgo de programa (promedio)	40
Figura 12. RPN vs Puntaje de riesgo de presupuesto (promedio)	40
Figura 13. Diagrama de Gantt proyecto.....	43
Figura 14. Distribución de probabilidad de la duración y el costo del proyecto.....	51
Figura 15. Gráficos de tornado de las actividades del proyecto (Costo).....	53
Figura 16. Gráficos de tornado de las actividades del proyecto (Duración).....	53
Figura 17. Gráfico acumulativo ascendente para programa del proyecto.....	54
Figura 18. Gráfico acumulativo ascendente para costo del proyecto.....	55
Figura 19. Diagrama de dispersión costo- duración.....	57

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Escala para el factor de probabilidad de ocurrencia	10
Tabla 2. Escala para el factor de impacto	10
Tabla 3. Escala para el factor de detección del riesgo	11
Tabla 4. Distribución de las temporadas de ventas	20
Tabla 5. Artículos consultados por categoría.	23
Tabla 6. Rangos por categoría.....	26
Tabla 7. Clasificación ABC riesgos de programa.....	26
Tabla 8. Clasificación ABC riesgos de presupuesto.	28
Tabla 9. Descripción de perfiles de los expertos.....	30
Tabla 10. Asignación de experto a los riesgos de programa	31
Tabla 11. Asignación de experto a los riesgos de programa	32
Tabla 12. Asignación de experto a los riesgos de programa	33
Tabla 13. Asignación de experto a los riesgos de presupuesto	34
Tabla 14. Escala calificación asignada para la probabilidad de ocurrencia	36
Tabla 15. Riesgos de programa priorizados con RFMEA	41
Tabla 16. Riesgos de presupuesto priorizados con RFMEA.....	41
Tabla 17. Paquetes de actividades	44
Tabla 18. Grados de influencia de los riesgos de programa sobre los paquetes de actividades.....	46
Tabla 19. Grados de influencia de los riesgos de presupuesto sobre los paquetes de actividades.....	46
Tabla 20. Impacto de los riesgos de programa	47
Tabla 21. Impacto de los riesgos de presupuesto.....	47
Tabla 22. Probabilidad de ocurrencia riesgos de programa.....	48
Tabla 23. Probabilidad de ocurrencia riesgos de presupuesto	48
Tabla 24. Asignación cuantitativa de los grados de influencia (riesgos de programa) con base en la ecuación 8.....	48
Tabla 25. Asignación cuantitativa de los grados de influencia (riesgos de presupuesto) con base en la ecuación 9	49
Tabla 26. Resultados estadísticos de la simulación de la duración y el costo del proyecto	52
Tabla 27. Resumen de los resultados del análisis de los riesgos de programa y presupuesto para la duración.....	55
Tabla 28. Resumen de los resultados del análisis de los riesgos de programa y presupuesto para el presupuesto.....	56
Tabla 29. Rangos de los valores de la media de los riesgos que afectan la duración total del proyecto	58
Tabla 30. Rangos de los valores de la media de los riesgos que afectan el costo total del proyecto.....	59
Tabla 31. Iteraciones para la duración total del proyecto.....	60
Tabla 32. Iteraciones para el costo total del proyecto	60
Tabla 33. Ranking de riesgos para la duración del proyecto con diferente número de iteraciones.....	61

Tabla 34. Ranking de riesgos para el costo del proyecto con diferente número de iteraciones62

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Consolidación riesgos de programa.	69
Anexo 2. Consolidación riesgos de presupuesto.	71
Anexo 3. Entrevista 1	73
Anexo 4. Entrevista 2	78
Anexo 5. Riesgos de programa después de juicio expertos	80
Anexo 6. Riesgos de presupuesto después de juicio expertos	81
Anexo 7. Riesgos de programa – Categorías A y B.....	83
Anexo 8. Riesgos de presupuesto – Categorías A y B	84
Anexo 9. Resultados RFMEA – riesgos de programa (aplicado al caso estudio) ..	85
Anexo 10.Resultados RFMEA – riesgos de presupuesto (aplicado al caso estudio)	86

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Puntaje de riesgo	11
Ecuación 2. Número de prioridad del riesgo (RPN)	11
Ecuación 3. Ecuación extendida para el cálculo de la duración de una actividad .	14
Ecuación 4. Ecuación extendida para el cálculo del costo de una actividad.....	14
Ecuación 5: Porcentaje por riesgo.	26
Ecuación 6. Valor del grado de influencia del riesgo por actividad (Muy efectivo).	45
Ecuación 7. Valor del grado de influencia del riesgo por actividad (Efectivo)	45
Ecuación 8. Valor del grado de influencia del riesgo por actividad (Muy efectivo) - Adaptada	46
Ecuación 9. Valor del grado de influencia del riesgo por actividad (Efectivo) - Adaptada	46

INTRODUCCIÓN

Existen hechos que suelen ocurrir a lo largo del ciclo de vida de un proyecto que pueden afectar la consecución de los objetivos globales, debido a esto se plantea la importancia de la gestión de los riesgos, buscando así minimizar los efectos de los eventos adversos y con ello permitir el logro de los objetivos propuestos en función de satisfacer a los clientes.

Todos los proyectos y negocios, sin excepción alguna, tienen implícitos algún tipo de riesgo (Lledó Pablo, 2005); en los últimos años se llevaron a cabo proyectos que terminaron costando más del doble de lo presupuestado, se retrasaron un par de años más de lo previsto, o no cumplieron con los objetivos esperados, entre otras cosas. Aunque en la práctica, es imposible evitar todos los riesgos asociados a un proyecto, estos pueden reducirse aplicando técnicas eficientes de administración de riesgos. (Lledó Pablo, 2005)

Sombreros Texanos es una empresa ubicada en la ciudad de Palmira (Valle del Cauca); dedicada a la fabricación y comercialización de una amplia gama de sombreros en diferentes materiales. A pesar de sus años de experiencia, esta empresa aún no ha incorporado la gestión de riesgos en el manejo de sus proyectos. Esta situación se ve reflejada en los datos proporcionados por la empresa, donde aproximadamente el 80% de los trabajos se entregan por fuera del tiempo estimado, y adicionalmente se presentan desviaciones en costos entre 10% y 15% de lo presupuestado.

Es así, que a través de este proyecto se pretende a partir de las técnicas RFMEA¹ y simulación Monte Carlo identificar los riesgos de programa y presupuesto de mayor impacto en el proyecto – Sombreros Yute.

¹ Análisis Modal de Fallos y Efectos en Riesgos

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la gerencia de proyectos, llevar a cabo adecuadamente la gestión de riesgos permite “aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos, al mismo tiempo que se disminuye la probabilidad y el impacto de los eventos adversos para el proyecto” (PMI, 2013a, pág. 309).

El impacto de los riesgos en el éxito de los proyectos se ve reflejado en algunas estadísticas, como por ejemplo, según (PMI, 2013b) en su investigación Pulse of the Profession, menos de dos tercios de los proyectos cumplen con sus metas e intenciones de negocios (las tasas de éxito han estado cayendo desde 2008), y alrededor del 17 por ciento fracasan rotundamente.

Al no poseer un adecuado análisis del riesgo, o dado el caso no desarrollar de una manera adecuada los procesos para la administración del riesgo, las organizaciones están expuestas a perder dinero y cuota de mercado. Según (Vásquez, 2009) a nivel internacional entre los casos más destacados de proyectos fallidos se encuentran The Sidney Opera House, Puente Tacoma Narrows y el Euro Túnel.

Las estadísticas mencionadas anteriormente, corroboran la importancia para las organizaciones orientadas a proyectos de llevar a cabo una gestión adecuada del riesgo en proyectos. En estas organizaciones los miembros del equipo suelen estar trabajando en el mismo lugar físico con directores de proyecto con gran independencia y autoridad (Lledó & Rivarola, 2007). Entre los principales ejemplos de organizaciones que trabajan por proyectos se encuentran: constructoras, agencias de publicidad, desarrolladoras de software, servicios profesionales y empresas cuyo tipo de sistema de manufactura es bajo pedido (sus siglas en inglés Make To Order –MTO-).

Con base en esto, se encuentran trabajos desarrollados principalmente en sectores como construcción (Wang & Huang, 2009) y desarrollo de software (Xiangnan & Q G, 2004) , con los cuales se buscó identificar los riesgos de mayor impacto para posteriormente determinar un plan de respuesta para estos riesgos. Cabe aclarar, que por medio de la investigación realizada no se encontraron trabajos aplicados a ningunos de los otros tipos de organizaciones mencionados anteriormente.

De estos tipos de organizaciones por proyectos, su principal característica, es el manejo de órdenes de producción bajo pedido, en la cual cada orden representa un producto único y además posee un inicio y un fin determinado, estas características hacen que cada una de estas órdenes de producción se puedan ver como un proyecto, y por lo tanto este tipo de organizaciones pueden ser configuradas como una organización que trabaja por proyectos, y en específico que trabaja de forma continua en un ambiente multiproyecto, estando así inmersas en las problemáticas presentadas para los ambientes de proyectos derivadas de los riesgos presentes en los mismos.

En este contexto, la gestión de riesgos permite entonces a los encargados de la toma de decisiones, mejorar la calidad de sus juicios para proveer una información más realista (Raz & Michael, 2001), aumentar la probabilidad de alcanzar los objetivos y proporcionar a la administración un aseguramiento razonable con respecto al logro de los mismos (Rodríguez, 2011), y en función de esto garantizar el éxito del proyecto, el cual está limitado por cuatro factores: calidad, alcance, presupuesto y tiempo. (Lledó & Rivarola, 2007)

En el marco de los procesos para el análisis del riesgo en proyectos, (European Network and Information Security Agency, 2006) plantea que existen tres tipologías de métodos utilizados para determinar el nivel de riesgos, las categorías

pueden ser: métodos cualitativos, los cuales permiten asignar prioridades a los riesgos y combinar su probabilidad de ocurrencia e impacto (PMI, 2013a), métodos cuantitativos, por medio de estos se analiza numéricamente el efecto de los riesgos priorizados, (PMI, 2013a); y métodos mixtos los cuales combinan los factores mencionados en las dos categorías anteriores (European Network and Information Security Agency, 2006).

En cuanto a los tipos de riesgos que mayor afectación generan en el desarrollo de los proyectos, se encontró en Colombia una encuesta del año 2011 enfocada en evaluar la madurez en gerencia de proyectos. Según (Price Waterhouse Coopers, 2011) las desviaciones más significativas se dan en la gestión del tiempo en un rango entre el 10% y 25% (39.8% de encuestados señalaron este rango), así mismo, a nivel de presupuesto la desviación más común se da en el rango de menos del 10% (40.9% de encuestados señalaron este rango). La calidad es la variable que menos variación tiene (58% de encuestados señalaron que es menor al 10%).

Con base en estas estadísticas y adicionalmente, teniendo en cuenta que según (Hulett, 2011) los riesgos de programa y presupuesto están relacionados de tal forma que los riesgos de programa pueden causar riesgos de presupuesto, se concluye la mayor importancia de estos riesgos en el éxito de los proyectos. Es por eso que se plantea su integración para llevar a cabo el análisis cuantitativo.

Tomando como referentes los diversos elementos planteados, el presente proyecto plantea la pregunta: ¿Cuáles son los riesgos de programa y presupuesto de mayor impacto para una empresa de manufactura que trabaja por proyectos?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Priorizar los riesgos de programa y presupuesto de una empresa de manufactura que trabaja por proyectos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar los riesgos de programa y presupuesto en una empresa manufacturera que trabaja por proyectos en ambiente MTO, para priorizar los que serán objeto del análisis de riesgo.
- Analizar los factores de riesgos de programa y presupuesto seleccionados para plantear un modelo de simulación aplicado al caso estudio.
- Identificar los riesgos de programa y presupuesto de mayor impacto por medio del análisis de los resultados de los escenarios simulados.

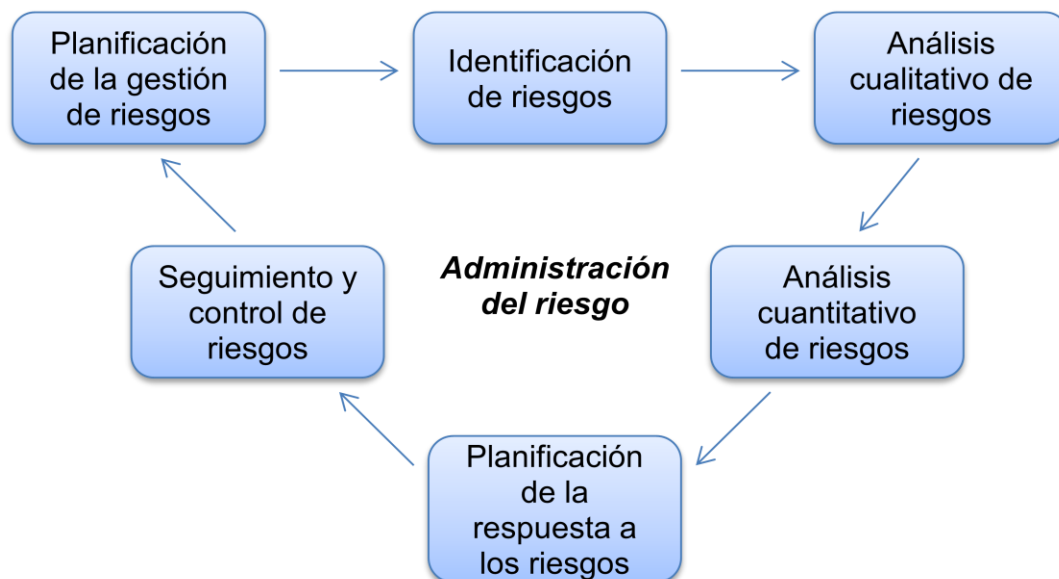
1.3 MARCO TEÓRICO

1.3.1 Gestión de riesgos

La administración del riesgo del proyecto es un proceso sistemático por medio del cual se identifican y analizan los riesgos, para posteriormente emitir un plan de respuesta a los riesgos del proyecto (Lledó & Rivarola, 2007).

En el marco de la administración del riesgo el PMBOK plantea seis procesos de gestión (figura 4), de esta manera se presenta a continuación una breve descripción de los pasos expuestos.

Figura 1. Proceso de la administración del riesgo



Fuente: (Lledó & Rivarola, 2007)

1.3.1.1 Planificación de la gestión de riesgos

Se decide cómo se van a planificar las actividades de la gestión de riesgos de un proyecto, con el fin de proporcionar niveles adecuados de recursos y tiempo para cada una de las fases (PMI, 2013a).

1.3.1.2 Identificación de riesgos

Se determina con la ayuda de técnicas como: revisión bibliográfica, aplicación de técnicas de recopilación, juicio de expertos, análisis DOFA, entre otros, cuales riesgos pueden afectar al proyecto, y posteriormente se realiza una documentación de sus características (PMI, 2013a).

1.3.1.3 Análisis cualitativo de los riesgos

Se evalúa la prioridad de los riesgos identificados en términos cualitativos, por ejemplo: riesgo alto, riesgo medio, riesgo bajo, esto se consigue con el uso de los factores de impacto y la probabilidad de ocurrencia para cada uno los riesgos identificados (Lledó & Rivarola, 2007).

1.3.1.4 Análisis cuantitativo de los riesgos

Se realiza respecto a los riesgos priorizados en el proceso Análisis Cualitativo de Riesgos, se analiza numéricamente la probabilidad de cada riesgo y su consecuencia sobre los objetivos del proyecto. Este proceso cuantitativo utiliza técnicas como simulación Monte Carlo, árbol de decisiones, entre otras (Lledó & Rivarola, 2007).

1.3.1.5 Planificación de la respuesta a los riesgos

Se determinan acciones y se desarrollan opciones que permitan mejorar las oportunidades y reducir las amenazas que los riesgos encontrados en los anteriores análisis puedan causar a los objetivos del proyecto (PMI, 2013a).

1.3.1.6 Seguimiento y control de los riesgos

Se realiza el seguimiento de los riesgos identificados y los que se encuentran en la lista de supervisión, se realiza el seguimiento de las condiciones que disparan los planes para contingencias, y se revisa la ejecución de las respuestas a los riesgos mientras se evalúa su efectividad (PMI, 2013a).

En el marco de los procesos de la gestión de riesgo existen diferentes métodos entre los cuales se encuentran, Simulación Monte Carlo (Chadid & Fernández, 2009), Redes Bayesianas (Borrero & Pérez, 2012), Dinámica de sistemas (Delgado & Misnaza, 2014), Proceso de jerarquía analítica (Daojin, 2010), Redes neuronales (Yongtao , 2011), Matriz de probabilidades (Carreño, 2012), Juicio de expertos (Martínez & Venegas, 2013), RFMEA (Delgado & Misnaza, 2014) entre otras.

Teniendo como referente el contexto de organizaciones MTO, la herramienta RFMEA, presenta una ventaja frente a los demás métodos cualitativos y es la inclusión del factor de detección del riesgo además de la probabilidad de ocurrencia y el impacto que puede generar, evaluando así la vulnerabilidad del proyecto ante la presencia del riesgo (Carbone & Tippet, 2004). Por otro lado, para el método en el análisis cuantitativo, la simulación Monte Carlo permite la consideración simultánea de las amenazas y oportunidades, además de la probabilidad de seleccionar varios criterios, asimismo permite ver todos los posibles resultados de las decisiones a tomar y evaluar el impacto del riesgo, lo que permite tener una base sólida a la hora de adoptar una decisión (Hayse, 2000).

Teniendo en cuenta los diferentes métodos, y el análisis presentado, se plantea que el uso de la herramienta RFMEA y la simulación Monte Carlo permiten una adecuada cuantificación del riesgo en las organizaciones que trabajan por proyectos en sistemas MTO.

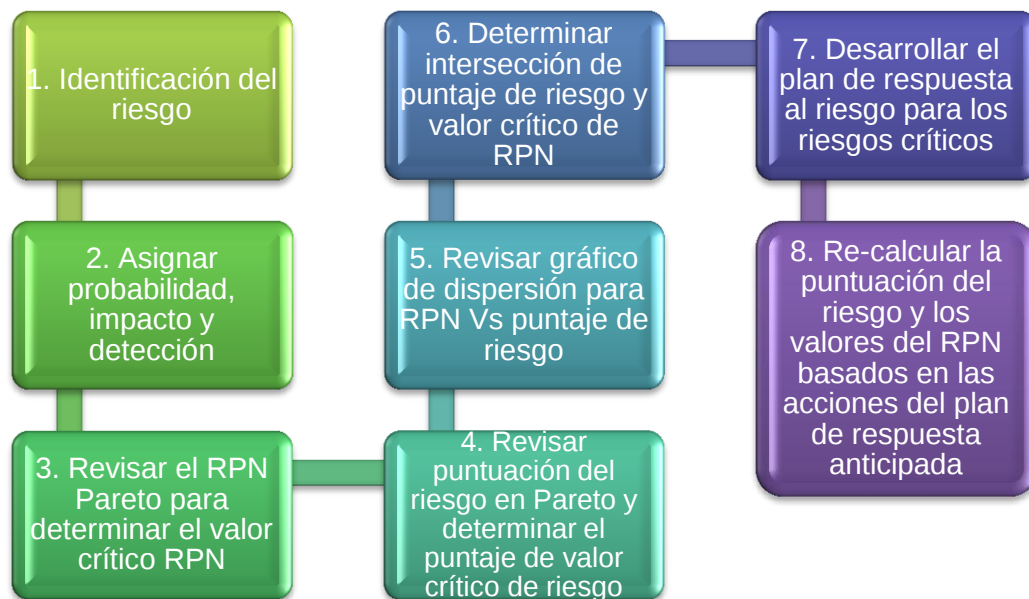
A continuación se expone la definición de los métodos RFMEA y simulación Monte Carlo, en el análisis cualitativo y cuantitativo del riesgo y los pasos para llevarlos a cabo.

1.3.2 Análisis Modal de Fallos y Efectos en Riesgos (RFMEA)

El Análisis Modal de Fallos y Efectos en Riesgos (RFMEA) es una herramienta para cualificar los riesgos, donde se asigna por medio de juicio de expertos la probabilidad de ocurrencia, el impacto relacionado con algún factor limitante del proyecto, y la probabilidad de detección. Una vez obtenidas las calificaciones, se calcula el RPN (Risk Priority Number) y el puntaje del riesgo, y con la ayuda de gráficos de Pareto y de dispersión se encuentran los factores de riesgos críticos para el proyecto.

Para llevar a cabo este método (Carbone & Tippet, 2004) plantean 8 pasos (figura 2), los cuales tienen como objetivo final desarrollar un plan de respuesta a los riesgos críticos y una vez implementado el plan de respuesta recalcular el RPN y el puntaje de riesgo nuevamente. En el desarrollo del presente trabajo se emplea esta herramienta como un método de priorización por lo cual sólo se va a implementar en el caso estudio hasta el paso 6.

Figura 2. Proceso del RFMEA



Fuente: (Carbone & Tippet, 2004)

Identificación del riesgo: Consiste en determinar los factores que puedan afectar el cumplimiento de los objetivos del proyecto en cuanto a sus factores limitantes (alcance, tiempo, calidad y costo). Este paso se puede observar aplicado al caso estudio en la sección 2.1.

Asignar probabilidad, impacto y detección: Con ayuda de juicio de expertos y de las escalas de calificación presentadas en las tablas 1, 2 y 3; se designan las calificaciones a los factores de probabilidad de ocurrencia, impacto y detección del riesgo.

Tabla 1. Escala para el factor de probabilidad de ocurrencia

PROBABILIDAD	CALIFICACIÓN
Es muy probable que ocurra	5
Probablemente ocurra	4
Probabilidad media de ocurrencia	3
Probablemente no ocurra	2
Muy improbable que ocurra	1

Fuente: (Paz & Rozemboin, 2014)

Tabla 2. Escala para el factor de impacto

IMPACTO COSTO	IMPACTO TIEMPO	ESCALAS	CALIFICACIÓN
El costo total del proyecto aumenta en gran medida	El tiempo del proyecto aumenta en gran medida	El costo y/o tiempo aumenta más 20%	5
El costo total del proyecto aumenta considerablemente	El tiempo del proyecto aumenta considerablemente	El costo y/o tiempo aumenta entre 10% y 20%	4
El costo total del proyecto aumenta moderadamente	El tiempo del proyecto aumenta moderadamente	El costo y/o tiempo aumenta entre 5% y 10%	3

El costo total del proyecto aumenta	El tiempo del proyecto aumenta	El costo y/o tiempo aumenta menos de 5%	2
El impacto es inapreciable	El impacto es inapreciable	El impacto en tiempo y/o costo es inapreciable	1

Fuente: Adaptada de (Paz & Rozemboin, 2014) con base en (Carbone & Tippet, 2004)

Tabla 3. Escala para el factor de detección del riesgo

DETECCIÓN	CALIFICACIÓN
No se puede detectar el riesgo ni anticiparlo con un plan de contingencia	5
Difícilmente se puede detectar el riesgo	4
Se puede detectar el riesgo de manera media	3
Se puede detectar el riesgo de manera moderada	2
Se puede detectar el riesgo	1

Fuente: (Paz & Rozemboin, 2014)

Una vez introducidos los valores de los tres factores, se calculan tanto el puntaje de riesgo (ecuación 1), como los valores de RPN (ecuación 2).

Ecuación 1. Puntaje de riesgo

$$\text{Puntaje de riesgo} = \text{Probabilidad de ocurrencia} * \text{Impacto}.$$

Ecuación 2. Número de prioridad del riesgo (RPN)

$$\text{RPN} = \text{Probabilidad de ocurrencia} * \text{impacto} * \text{detección del riesgo}$$

Analizar el Pareto del RPN para determinar el valor crítico de RPN: Realizados los cálculos para obtener el puntaje de riesgo y el RPN, se procede a graficar el RPN Vs riesgos, para determinar el valor crítico del RPN. Como cada proyecto es único, también lo son los riesgos y los correspondientes valores RPN. Por ello, el análisis del gráfico Pareto es un paso crítico para determinar el valor que se va a utilizar.

Analizar el Pareto de la puntuación del riesgo y determinar el valor crítico: Se genera un gráfico de Pareto para las puntuaciones de riesgo Vs riesgos, y posteriormente se determina un valor crítico para el puntaje de riesgo. No hay reglas científicas para la selección de los valores críticos.

Analizar gráfico de dispersión para RPN Vs puntaje de riesgo: Después de que los valores críticos son conocidos tanto para el RPN y la puntuación de riesgo, se procede a crear un diagrama de dispersión para RPN versus puntuaciones de riesgo.

Determinar intersección de puntaje de riesgo y valor crítico de RPN: se encuentra el punto de intersección de los dos valores críticos para definir el conjunto inicial de los riesgos que requieren generar un plan de respuesta de forma anticipada.

Desarrollar el plan de respuesta al riesgo para los riesgos críticos: Después de identificar los riesgos críticos, se deben considerar estrategias de respuesta al riesgo, tales como el evitar, transferir, mitigar, aceptar y generar el documento de respuesta previsto en consecuencia

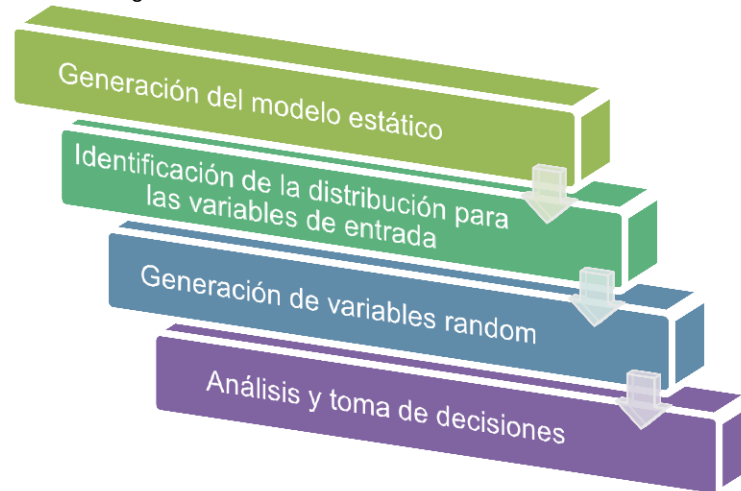
Re-calcular la puntuación del riesgo y los valores del RPN basados en las acciones del plan de respuesta anticipada: Si el número RPN recalculado no cae por debajo del valor crítico, se debe revisar el plan de respuesta, perfeccionar los métodos de detección, o anular para aceptar el riesgo.

1.3.3 Simulación Monte Carlo

La Simulación de Montecarlo es un método de cuantificación que busca representar la realidad a través de un modelo de riesgo matemático, de tal forma que asignando valores de manera aleatoria a las variables de dicho modelo, se obtengan diferentes escenarios y resultados.

Para llevar a cabo este método se deben aplicar de forma general los pasos expuestos en la figura 3.

Figura 3. Proceso de la simulación Monte Carlo



Fuente: Traducida de (Raychaudhuri, 2008)

Generación del modelo estático: La simulación de Montecarlo comienza con el desarrollo de un modelo determinístico, el cual se asemeja al escenario real. En este modelo determinístico se utiliza el valor más probable de los parámetros de entrada. Se aplican las relaciones matemáticas las cuales usan los valores de las variables de entrada y las transforman en el deseo de salida.

Identificación de la distribución para las variables de entrada: Cuando se tiene el modelo determinístico se agregan los componentes del riesgo. Se identifica la distribución, la cual puede ser: triangular, uniforme, discreta, etc., según el comportamiento que siguen las variables de riesgo utilizadas para el análisis.

Para este proyecto se debe llevar a cabo la consolidación de los valores máximos, más probables y mínimos tanto para el impacto de los riesgos de presupuesto en costo como para el impacto de riesgos de programa en tiempo, adicionalmente se determina la probabilidad de ocurrencia para cada uno de los riesgos de estas dos categorías.

Generación de variables Random: Después de identificar la distribución para las variables de entrada se generan un conjunto de números random desde estas distribuciones. Un conjunto de números random consiste en un valor para cada una de las variables de entrada, se usarán en el modelo determinístico para obtener un conjunto de valores de salida. Luego se repite este proceso para generar un conjunto de valores random para cada una de las distribuciones de entrada y se recopilan diferentes conjuntos de valores de salida.

Los valores de salida en este caso se consideran la duración total y el costo total del proyecto, para esto se hace uso de las ecuaciones 3 y 4 con el objetivo de conectar la SMC al cálculo de la duración y el costo de las actividades de una manera estocástica (Paz & Rozemboin, 2014).

Ecuación 3. Ecuación extendida para el cálculo de la duración de una actividad

$$\text{Duración de la actividad}_j = \text{Duración determinística}_j + \sum_i^N (E_i * IPR_i * C_{ij}) \quad \forall_j$$

Ecuación 4. Ecuación extendida para el cálculo del costo de una actividad

$$\text{Costo de la actividad}_j = \text{Costo determinístico}_j + \sum_i^N (E_i * IPR_i * C_{ij}) \quad \forall_j$$

Dónde:

Subíndice i, hace referencia a un riesgo en particular.

Subíndice j, hace referencia únicamente a las actividades que se consideren del caso.

Subíndice N, hace referencia a la cantidad de riesgos.

E_i , es una variable binomial que toma el valor de uno o de cero, la cual representa la ocurrencia del riesgo, si toma cero es que no ocurre si toma uno es que si ocurre. Esta variable toma valor dependiendo las probabilidades binomiales de

ocurrencia de los riesgos definidas en el paso dos y del número aleatorio arrojado por la SMC en cada iteración asociado a dicha probabilidad.

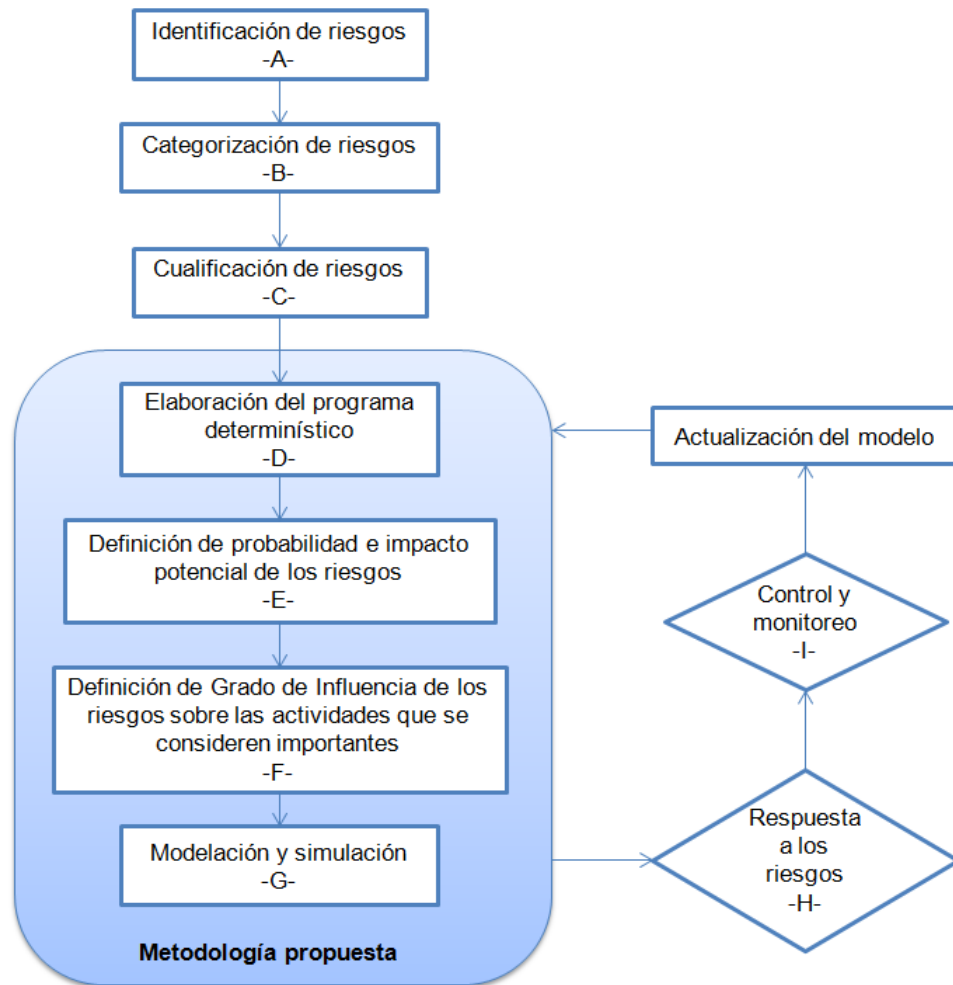
IPR_i , es una variable que representa el impacto potencial del riesgo i , cuyo valor está en días, y es proveniente del resultado de la distribución de probabilidad definida para los riesgos definidos en el paso dos. En esta variable, interviene la generación de números aleatorios con el fin de conocer dicho resultado.

C_{ij} , Es un parámetro que representa el valor numérico del grado de influencia del riesgo i sobre la actividad j . Este se basa de las calificaciones del grado de influencia del riesgo por actividad definidas en el paso tres. Dichas calificaciones se traducen al valor numérico respectivo.

Análisis y toma de decisiones: después de coleccionar la muestra de valores de salida, luego se presenta un análisis estadístico de esos valores. Por ejemplo: histogramas, perfil de riesgo, límite de riesgo y VAR, tornado, análisis de escenarios.

Estos pasos generales presentados anteriormente se desagregan de diferentes formas según el autor, para el caso del presente proyecto se tomará como base el modelo planteado por (Paz & Rozemboin, 2014) como se muestra en la figura 4, específicamente el recuadro metodología planteada.

Figura 4. Metodología para el análisis del riesgo



Fuente: (Paz & Rozemboin, 2014)

1.4 REVISIÓN DE LITERATURA

1.4.1 Análisis Modal de Fallos y Efectos en Riesgos (RFMEA)

(Carbone & Tippet, 2004) Presentan una nueva técnica denominada como RFMEA (Análisis de Modos y Efectos de Fallos para los Riesgos de Proyecto), en su propuesta metodológica amplían el concepto de un simple puntaje de riesgo basado en la probabilidad e impacto, al añadir el atributo de detección del riesgo.

(Barends et al., 2012) Proponen una modificación probabilística del FMEA, reemplazando el marcador categórico de ocurrencia y detección por su frecuencia relativa estimada y manteniendo el marcador categórico de gravedad, esta propuesta surgió debido a las limitaciones que se presentaron en la priorización de riesgos en el procedimiento analítico de espectroscopia del infrarrojo cercano (NIR), para la detección de presuntas tabletas falsificadas.

(Pirayesh et al., 2011) Plantean un nuevo marco para el análisis de la evaluación de riesgos en el sector manufacturero, donde se propone la integración de métodos de análisis de riesgos cualitativos y cuantitativos. Este enfoque genera una visión integral del riesgo para las partes interesadas utilizando los modos de fallo y análisis de efectos (FMEA).

(Borrero & Pérez, 2012) Emplean la herramienta de los modos de fallo y análisis de efectos (FMEA) en la clasificación de los riesgos críticos en el proyecto, para analizar el riesgo de programa en el sector de la construcción, con el fin de determinar su impacto en la duración de los proyectos. Caso de estudio: proyecto de vivienda en Cali.

1.4.2 Simulación Monte Carlo

(Hulett, 2011) Define el análisis integrado del riesgo de programa y de presupuesto para estimar su nivel adecuado de reserva en el programa de contingencia en los proyectos. Adicional a esto, se calculan los riesgos de programa y presupuesto de mayor impacto.

(Giraldo & Ortiz, 2014) Plantean un modelo de simulación Monte Carlo que integra la cadena crítica usada para balancear un portafolio de proyectos, con el impacto de los riesgos de programa con el fin de mejorar el uso de los recursos

disponibles. Esto aplicado a una empresa de un subsector de la construcción de la ciudad de Cali.

(Chadid & Fernández, 2009) Presentan el análisis de riesgo en la ejecución de un proyecto de creación de un sistema de información para la red Ecocacao. Dicho análisis de riesgo se construye con el objetivo de lograr determinar el impacto de la materialización de los riesgos identificados en las tareas del proyecto y su impacto en los presupuestos iniciales.

1.4.3 RFMEA y Simulación Monte Carlo

(Paz & Rozemboin, 2014) Presentan un trabajo en el cual priorizan los riesgos de programa de un proyecto de Obra Civil de la Universidad del Valle mediante simulación Monte Carlo apoyada en RFMEA para la elaboración de un futuro plan de respuesta.

Plantean la descripción y comparación de algunos métodos de Análisis Cuantitativo de Riesgos de Programa basados en la Simulación Monte Carlo que han ido evolucionando en el tiempo. Con el fin de realizar un análisis comparativo para llevar a cabo la priorización de los riesgos de programa de un proyecto de Obra Civil de la Universidad del Valle.

Adicional a esto, presentan una adaptación del método RFMEA propuesto por (Carbone & Tippet, 2004) con el objetivo de eliminar debilidades identificadas como: la escala estándar de 1 a 10, porque genera ambigüedades en las calificaciones debido a su excesiva amplitud, adicional a esto, el significado de los valores definidos para las escalas de impacto y detección, ya que generan confusiones en su interpretación.

1.5 MARCO CONTEXTUAL

Con el propósito de dar un contexto de la empresa en la cual se desarrollará el proyecto objeto de estudio, se describirán las características más importantes de la empresa en relación con sus proyectos.

1.5.1 Sombreros Texanos

Sombreros Texanos es un taller de sombreros ubicado en la ciudad de Palmira (Valle del Cauca) con más de 30 años de tradición familiar, dedicado a la elaboración artesanal de sombreros conforme a las necesidades y gustos particulares de cada cliente, es por esto que cada pedido se considera único, ya que sus características varían de acuerdo a las especificaciones de cada cliente.

Aunque el proceso productivo para cada uno de los productos es diferente, en la figura 5 se expone un proceso productivo de forma general con el cual debe cumplir cada producto para poder llevar a cabo una adecuada elaboración.

Figura 5. Diagrama de bloques del proceso productivo de los sombreros



Fuente: Elaboración propia

Un aspecto a resaltar en este sector específico de la manufactura es que a lo largo del año el volumen de ventas se maneja por temporadas alta, media, y baja (tabla 8), esto dependiendo de la cantidad de ferias patronales que se realicen a lo largo del año.

Tabla 4. Distribución de las temporadas de ventas

Meses	Temporada
Noviembre, Diciembre, Mayo - Agosto	Alta
Septiembre, Octubre, Enero, Febrero	Media
Marzo, Abril	Baja

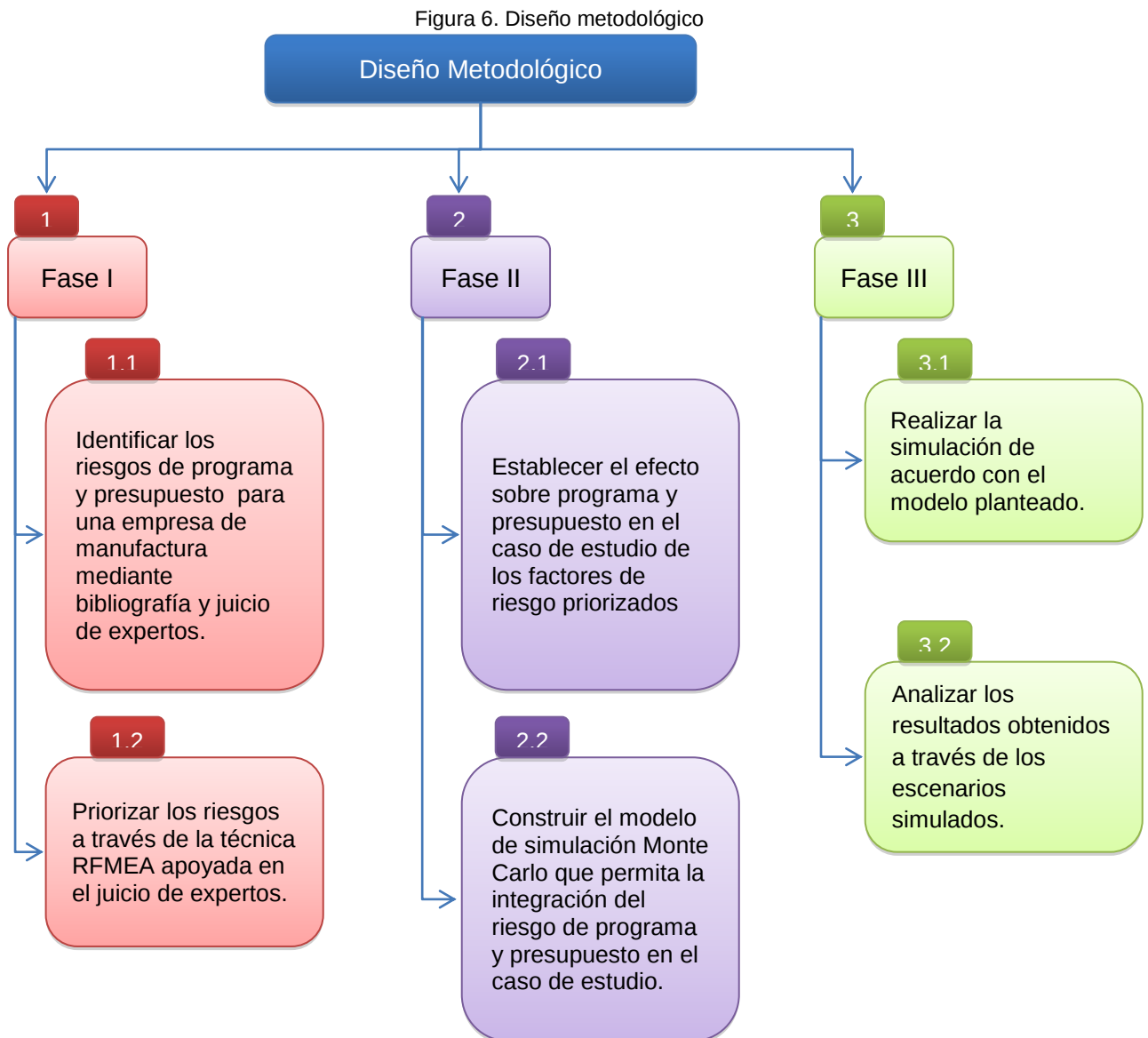
Fuente: Elaboración propia

Actualmente, la empresa presenta aproximadamente un volumen de pedidos de 600 sombreros mensualmente, cabe aclarar que este volumen de pedidos varía de acuerdo a la temporada en la cual se encuentra; y adicionalmente el tamaño de cada pedido también puede presentar variaciones.

La empresa actualmente cuenta con tres trabajadores fijos, este parámetro debido al manejo de ventas por temporadas igualmente puede presentar variaciones como: para la temporada baja se cuenta con los 3 trabajadores fijos y en temporada alta 7 trabajadores.

1.6 DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología a aplicar en el análisis de los riesgos de programa y presupuesto en una empresa de manufactura que trabaja por proyectos para determinar los riesgos de mayor impacto, se realiza con base en la investigación documentada en el marco teórico, en los antecedentes y en el marco contextual, y se resume en la figura 6.



Fuente: Elaboración propia

CAPITULO II: CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO

Todos los proyectos tienen implícita incertidumbre a lo largo de su ciclo de vida, lo cual da origen a los riesgos. Una forma de enfrentarse a ellos es identificarlos y analizarlos, para su posterior planificación de respuesta (PMI, 2013a). Una empresa de manufactura que trabaja MTO no es ajena a dichas incertidumbres, pues debe cumplir de igual modo con los factores limitantes de un proyecto para cada orden de producción.

El análisis de riesgo ha sido implementado con frecuencia en sectores como: construcción (Wang & Huang, 2009) y desarrollo de software (Xiangnan & Q G, 2004). Por ende para llevar a cabo la identificación de los riesgos para el caso estudio, se realizó una revisión bibliográfica en estudios realizados en el sector de construcción, esto debido a su semejanza con una empresa de manufactura.

En este capítulo, en la sección 2.1 se identifican los factores de riesgos de programa y presupuesto mediante revisión bibliográfica, en la sección 2.2 se presenta una clasificación ABC teórica de los riesgos identificados previamente y posteriormente una clasificación práctica con base en juicio de expertos.

2.1 IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGOS

La identificación de los factores de riesgos representa beneficios claves como la documentación de los riesgos existentes, el conocimiento y la capacidad que confiere al equipo del proyecto para anticipar eventos adversos (PMI, 2013a). Según (PMI, 2013a) entre las herramientas y métodos empleados para realizar el proceso de identificación de los riesgos se encuentran: Juicio de expertos, técnicas de recopilación de información, y análisis DOFA entre otras.

En virtud de lo anterior, el proceso de identificación de factores de riesgo de programa y presupuesto, se realizó mediante revisión bibliográfica de 15 artículos

(Tabla 4), de los cuales 5 analizan riesgos de programa, 7 riesgos de presupuesto y 3 de los dos tipos de riesgos (Tabla 4). Posteriormente, se consolidó una lista de riesgos por cada uno de los artículos, en la cual se excluyen los no aplicables al caso estudio como lo son: Problemas de suelo, condiciones geológicas inesperadas, entre otros.

Una vez consolidadas las listas por artículos, se conformaron las categorías de riesgos de programa y presupuesto obteniendo un total de riesgos de 166 y 115 respectivamente, posteriormente se eliminaron los riesgos repetidos y se obtuvieron las listas finales de la revisión bibliográfica para programa con un total de 51 riesgos de programa (anexo 1) y 47 riesgos de presupuesto (anexo 2).

Cabe aclarar que en la identificación de los factores de riesgo se encontraron riesgos que afectaban tanto la duración como el costo del proyecto, estos riesgos se consolidaron de forma separada en cada una de las categorías (riesgos de programa y riesgos de presupuesto), un ejemplo de ello es la inflación.

Tabla 5. Artículos consultados por categoría.

ID	Título	Autores	Año	Categoría
1	Causes and effects of delays in Malaysian construction industry	Murali Sambasivan, Yau Wen Soon.	2007	Programa
2	Causes of construction delay: traditional contracts	Abdalla M. Odeh, Hussien T. Battaineh.	2002	
3	Ranking of delay factors in construction projects after Egyptian revolution	Remon Fayek Aziz	2013	

4	Causes of delay in large construction projects	Sadi A. Assaf, Sadiq Al-Hejji.	2006	Presupuesto
5	Análisis cuantitativo de los riesgos de programa en un proyecto de obra civil de la universidad del Valle	Juan Camilo Paz Roa, David Rozenboim Sepúlveda.	2014	
6	Critical determinants of construction tendering costs: Quantity surveyors standpoint	T.M.S. Elhag, A.H. Boussabaine, T.M.A. Ballal.	2005	
7	Reasons for cost and schedule increase for engineering design projects	Andrew Shing-Tao Chang	2002	
8	Analysis of factor influencing project cost estimating practice	Akintola Akintoye	2000	
9	Cost overrun factors in construction industry of Pakistan	Nida Azhar, Rizwan U. Farooqui, Syed M. Ahmed	2008	
10	Factors causing cost variation for constructing wastewater projects in Egypt	Remon Fayek Aziz	2013	
11	Large engineering project risk management using a Bayesian belief network.	Eunchang Lee, Yongtae Park, Jong Gye Shin.	2009	

12	Cost escalation and schedule delays in road construction projects in Zambia	Chabota Kaliba, Mundia Muya, Kanyuka Mumba.	2009	Programa y presupuesto
13	Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies	Osman Taylan, Abdallah O. Bafail, Reda M.S. Abdulaal, Mohammed R. Kabli.	2014	
14	Causes of delay and cost overruns in construction of groundwater projects in a developing countries; Ghana as a case study	Yaw Frimpong, Jacob Oluwoye, Lynn Crawford.	2003	
15	Identifying Key Risks in Construction Projects: Life Cycle and Stakeholder Perspectives	Patrick. X.W. Zou, Guomin Zhang, Jia-Yuan Wang	2006	

Fuente: Elaboración propia.

2.2 CATEGORIZACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO

2.2.1 Clasificación teórica de los factores de riesgo

Con las listas de riesgos finales se procedió a hacer una clasificación ABC, ésta es una herramienta empleada en el control de inventarios con la cual se definen cuáles ítems deben formar parte de cada categoría (A, B o C). Esta clasificación se realiza con base en el valor anual de las ventas de cada ítem, ordenando el porcentaje de mayor a menor (Vidal, 2006).

Con el fin de categorizar los riesgos se realiza una adaptación de la clasificación ABC, con base en el número de veces que cada factor de riesgo ha sido citado en

artículos de diferentes autores, para llevar a cabo esto se emplean los artículos de la tabla 4.

Una vez identificada la frecuencia con la cual se citan los riesgos, posteriormente se categorizaron (tabla 5). Pero en lugar de calcular un porcentaje basado en el total de ventas, se emplea el total de los artículos revisados, que para el caso de la categoría de presupuesto son 10 artículos revisados y para la categoría de riesgos de programa son 9 artículos revisados. Este cálculo se basa en lo presentado en la ecuación 5.

Ecuación 5: Porcentaje por riesgo.

$$\text{Porcentaje por riesgo} = \frac{\text{Frecuencia de citaciones}}{\text{Total de artículos}}$$

Tabla 6. Rangos por categoría.

Categoría	Porcentaje
A	Mayor e igual a 50%
B	Mayor e igual a 30% y menor a 50%
C	Menor a 30%

Fuente: Elaboración propia.

Finalizado el procedimiento se obtuvo la clasificación teórica para riesgos de programa (tabla 6) y presupuesto (tabla 7).

Tabla 7. Clasificación ABC riesgos de programa.

Factores de riesgo programa	Clase
La escasez de material	A
Reprocesos debido a errores durante la producción	
La escasez de trabajadores	
Condiciones climáticas inapropiadas	
Variaciones de diseño	
Los retrasos en la inspección y pruebas de trabajo	
Tomas de decisiones lentas	
La falta de coordinación y comunicación entre los participantes del proyecto	

El retraso en la aprobación del diseño	B
Escasez de equipo y disponibilidad	
Averías frecuentes de planta y equipo de producción	
Programación del programa inadecuado	
El retraso en la entrega de material	
Problemas de calidad de suministros o materiales	
La productividad laboral	
Los cambios en las regulaciones del gobierno y leyes	
Los cambios en los tipos de materiales y especificaciones durante la producción	
Conflictos laborales y huelgas	
Mano de obra no calificada	
Los conflictos personales entre la mano de obra	
Revisión y aprobación de los documentos a última hora	
Las dificultades financieras	
Accidentes durante la producción	
Procedimientos de control inadecuados	
Pérdida de tiempo debido a la intervención inadecuada y excesiva de clientes	
Inflación y cambios repentinos de los precios	C
Daños en los materiales pedidos cuando son necesarios urgentemente	
Retraso debido a los procedimientos de aprobación excesivos	
La complejidad del diseño del proyecto	
Detalles poco claros e inadecuadas en dibujos	
Retraso en la aprobación de cambios importantes	
Los errores y las discrepancias en los documentos de diseño	
Retraso en el desarrollo de la producción por inconsistencias o falta de claridad en los diseños	
Diseño defectuoso realizado por los diseñadores	
La baja productividad y eficiencia de los equipos	
Equipo inadecuado	
Las variaciones por parte del cliente	
Proveedores no confiables	
Tarde adquisición de materiales	
La producción inadecuada de la materia prima en el país	
El trabajo adicional	
Baja motivación y la moral de los trabajadores	
Proceso de supervisión deficiente	
Variaciones del programa de producción	

Retraso en el programa debido a retrasos en el pago
Falta de comprensión de las necesidades de los clientes
Los retrasos en la producción de documentos de diseño
Las políticas gubernamentales inadecuadas
Los robos a cabo en el sitio
La duración del contrato original es demasiado corta
Lentitud en el proceso de decisión por el cliente

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Clasificación ABC riesgos de presupuesto.

Factores de riesgo presupuesto	Clase
Disponibilidad de materiales	A
La inflación	
Cambios de última hora para el diseño	
Los costes laborales / disponibilidad / alimentación / rendimiento / productividad	
Las regulaciones gubernamentales / políticas	
Retardo en el programa	B
Fluctuación de los precios de las materias primas	
Estimación de costos inexacta	
Alto costo de maquinarias	
Los altos costos de mantenimiento maquinarias	
Los altos costos de transporte	
Variación del proyecto	
Órdenes de variación y obras complementarias (magnitud, tiempo, nivel de interferencia)	
Adecuada gestión de la fuerza de trabajo	
Inadecuada comunicación dentro de la organización	
Complejidad del proyecto	C
Alto costo de los trabajos cualificados	
El trabajo adicional	
Condiciones del mercado	
Capacidad financiera del cliente	
Tipo de cliente	
La experiencia del equipo de proyecto	
El mal control financiero en el sitio	
Viabilidad de llevar a cabo el diseño	
Productividad (efectos de gestión, organización, trabajo, tecnología)	

No se puede proporcionar información, tomar decisiones, o tomar acciones de manera oportuna.
Prácticas fraudulentas, sobornos y corrupción
La ausencia de datos de costos del proyecto
Método incorrecto de la estimación de costos
Dificultades inesperadas en el flujo de caja se producen
Carga de trabajo actual
Planificación inadecuada de la capacidad y el nivel de utilización de los recursos
Huelgas
Dificultades suministro de maquinaria
Requisitos del cliente sobre la calidad
Las relaciones de trabajo con los clientes
La inspección, prueba y aprobación del proyecto
El trabajo que debería haber sido incluido en el alcance original se omite por el propietario.
Organización del proyecto previsto
Duración inadecuada del proyecto
La calidad del diseño y especificaciones
Capacidad financiera
Técnica de control de costos (exactitud y fiabilidad)
Los accidentes en los sitios de trabajo
La información proporcionada por el propietario es incompleta o incorrecta
El acortamiento de período del proyecto
Fuerza mayor

Fuente: Elaboración propia.

Cabe aclarar que la clasificación obtenida anteriormente es teórica y que se basa explícitamente en la cantidad de veces que fue usado cada riesgo frente al total de artículos revisados, por lo que representan tan solo el marco teórico de riesgos que posteriormente será usado para definir los riesgos que afectan los proyectos de la empresa caso estudio.

2.2.2 Clasificación práctica de los factores de riesgo

2.2.2.1 Descripción del perfil de los expertos

Para llevar a cabo el desarrollo de este proyecto se debe contar con el apoyo de expertos, en este caso como se cuenta con tres expertos de la empresa no es necesario definir un perfil de experto para su posterior selección, sin embargo en la tabla 9 se describe el perfil de los expertos con los cuales se contará a lo largo del proyecto.

Tabla 9. Descripción de perfiles de los expertos

Nombre	Consuelo Ordoñez	L. Fernando Urbano	Luis López
	Propietaria	Propietario	
Cargo	Encargada finanzas y costos	Encargado planeación de producción	Operario
Experiencia	27	27	12
ID	Experto 1 (E1)	Experto 2 (E2)	Experto 3 (E3)

Fuente: Elaboración propia

2.2.2.2 Diseño de la entrevista 1

Para la categorización de los riesgos se llevó a cabo una entrevista a los expertos, con el fin de realizar una revisión y si es necesaria una modificación a la clasificación ABC teórica (sección 2.2.1) tanto para riesgos de programa como de presupuesto.

Entrevista 1: Clasificación ABC. (anexo 3)

Entrevista 1

Esta primera entrevista se compuso de dos partes con un total de 9 preguntas, la primera parte consta de 4 preguntas con las cuales se busca por medio de los expertos realizar una revisión y de serlo necesario una modificación a los riesgos de presupuesto y programa obtenidos por medio de revisión bibliográfica. La segunda parte de la entrevista, busca realizar una revisión y modificación, de requerirlo, a la clasificación ABC teórica de los riesgos de programa y presupuesto

por medio de la resolución de 5 preguntas, esto con el fin de resumir la aplicación de la técnica RFMEA a las categorías de riesgos más importantes la A y B.

Cabe aclarar, que el objetivo de esta primera entrevista es determinar si cada uno de los riesgos definidos previamente con base en la revisión bibliográfica, son pertinentes al caso estudio, mas no se está definiendo cuales son los más importantes desde el punto de vista de cada experto.

2.2.2.3 Desarrollo entrevista 1

La primera entrevista se realizó de forma individual a los tres expertos, obteniendo por consenso que 21 riesgos de programa y 23 riesgos de presupuesto son acordes al caso estudio; y adicional a esto, 16 riesgos de programa y 4 riesgos de presupuesto no aplican en el caso estudio. Por otro lado, se obtuvieron resultados heterogéneos en 14 riesgos de programa (tabla 10) y 20 riesgos de presupuesto (tabla 11).

Tabla 10. Asignación de experto a los riesgos de programa

Riesgos de programa	Experto
Toma de decisiones lenta	E1
El retraso en la aprobación del diseño	E1
Revisión y aprobación de los documentos a última hora	E1
Accidentes durante la producción	E3
Procedimientos de control inadecuados	E1
Inflación y cambio repentino en los precios	E2
Daños en los materiales pedidos cuando son necesitados urgentemente	E2
Retraso debido a los procesos de aprobación excesivos	E1
La complejidad del diseño del proyecto	E3
La baja productividad y eficiencia de los equipos	E1
Equipo inadecuado	E3
La producción inadecuada de la materia prima en el país	E2
Falta de comprensión de las necesidades de los clientes	E2
La duración del contrato original es demasiado corta	E1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Asignación de experto a los riesgos de programa

Riesgos de presupuesto	Experto
Los altos costos de mantenimiento de maquinaria	E1
Variación del proyecto	E1
Ordenes de variación y obras complementarias (magnitud, tiempo, nivel de utilización)	E1
Inadecuada gestión de la fuerza de trabajo	E2
Complejidad del proyecto	E3
Alto costo de los trabajos cualificados	E1
Condiciones del mercado	E2
Tipo de cliente	E2
Viabilidad de llevar a cabo el diseño	E3
No se puede proporcionar información, tomar decisiones, o tomar acciones de manera oportuna	E1
La ausencia de datos de costos del proyecto	E1
Método incorrecto de la estimación de costos	E1
Carga de trabajo actual	E2
Dificultades suministro de materiales	E2
Requisitos del cliente sobre la calidad	E2
La inspección, prueba y aprobación del proyecto	E1
El trabajo que debería haber sido incluido en el alcance original se omite por el propietario	E1
Los accidentes en los sitios de trabajo	E3
La información proporcionada por el propietario es incompleta o incorrecta	E1
El acortamiento del período del proyecto	E1

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados variados se atribuyen a que los expertos se desempeñan en áreas diferentes de la empresa por ejemplo el experto en el área de compras calificó el riesgo “producción inadecuada de materiales en el país” como un riesgo apropiado al caso estudio y los demás expertos lo calificaron inapropiado. Para brindar una solución adecuada a este problema se decidió darle prioridad a cada uno de los expertos en su respectivo campo de desempeño, en las tablas 10 y 11 se desagregan los riesgos de programa y presupuesto faltos de consenso por experto, siguiendo con el ejemplo anterior, el riesgo “producción inadecuada de

materiales en el país”, tiene como experto asignado el E2 quien es el encargado de llevar a cabo una adecuada planeación de la producción.

Con esto, se obtiene una lista definitiva de 40 riesgos de programa (anexo 5) y 44 riesgos de presupuesto (anexo 6) apropiados al caso estudio, a los cuales en la segunda parte de la entrevista 1 se les evaluó la clasificación ABC teórica.

Una vez finalizada la consolidación de los resultados de la segunda parte de la entrevista 1 de los tres expertos, se obtuvo por consenso de calificaciones: 18 riesgos de programa y 20 riesgos de presupuesto ubicados entre las categorías A y B, y adicional, 3 riesgos de programa y 9 riesgos de presupuesto en la categoría C, sin embargo, al igual que en la primera parte de la entrevista se presentaron calificaciones heterogéneas para 14 riesgos programa (tabla 12) y 9 riesgos de presupuesto (tabla 13), para solucionar esto se asignó prioridad a un experto por cada uno de los riesgos como se observa en las tablas 12 y 13.

Tabla 12. Asignación de experto a los riesgos de programa

Riesgos de programa	Experto
Retrasos en la inspección y pruebas de trabajo	E1
Averías frecuentes de planta y equipo de producción	E3
Mano de obra no calificada	E2
Pérdida de tiempo debido a la intervención inadecuada y excesiva de clientes	E2
Proveedores no confiables	E2
Tarde adquisición del material	E2
El trabajo adicional	E2
Variaciones del programa de producción	E1
Retraso en el programa debido a retrasos en el pago	E1
Procedimientos de control inadecuados	E1
Inflación y cambio repentino en los precios	E2
La complejidad del diseño del proyecto	E3
La baja productividad y eficiencia de los equipos	E1
La producción inadecuada de la materia prima en el país	E2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Asignación de experto a los riesgos de presupuesto

Riesgos de presupuesto	Experto
Complejidad del proyecto	E3
Alto costo de los trabajos cualificados	E1
Viabilidad de llevar a cabo el diseño	E3
Los accidentes en los sitios de trabajo	E3
Inadecuada comunicación dentro de la organización	E3
El trabajo adicional	E2
La experiencia del equipo del proyecto	E1
Defectuosa organización del proyecto	E1
La calidad del diseño y especificaciones	E2

Fuente: Elaboración propia

Una vez consolidados los riesgos faltos por asignación de categorías, se obtuvieron 30 riesgos de programa (anexo 7) y 23 riesgos de presupuesto (anexo 8) entre las categorías A y B.

CAPITULO III: PRIORIZACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO

Para el proyecto caso de estudio se seleccionó la técnica de priorización denominada RFMEA, para aplicar dicha herramienta se requiere obtener información de expertos, es por esto que se diseñó una entrevista mediante la cual se obtuvo la información necesaria para priorizar de forma cualitativa los factores de riesgos de programa y presupuesto críticos aplicados al caso estudio.

3.1 Diseño y desarrollo de la entrevista 2

La principal entrada para el método RFMEA es la calificación de probabilidad de ocurrencia, impacto y detección para cada uno de los riesgos identificados, es de gran importancia aclarar que debido a la dimensión del proyecto esta herramienta solo se aplicara a los riesgos de las categorías A y B de la clasificación ABC práctica para riesgos de programa y presupuesto.

Entrevista 2: Calificación impacto, probabilidad de ocurrencia y detección.
(anexo 4)

Entrevista 2

Con la clasificación ABC de los riesgos de programa y presupuesto modificada por medio de juicio de expertos, se procedió a calificar los factores de probabilidad de ocurrencia, impacto y detección del riesgo para los riesgos situados en las categorías A y B de la clasificación ABC tanto para programa como presupuesto, para esto se plantean 4 preguntas las cuales se deben responder con base en las escalas de calificación proporcionadas en la entrevista.

Probabilidad de ocurrencia: las escalas de calificación se presentan en la Tabla 1 (anexo 4)

Impacto: las escalas de calificación se presentan en la Tabla 2 (anexo 4)

Detección del riesgo: las escalas de calificación se presentan en la Tabla 3 (anexo 4)

3.2 Aplicación de la herramienta RFMEA

1) Identificación del riesgo

Los riesgos empleados para la aplicación de esta técnica son los que se encuentran en el anexo 7 para riesgos de programa y anexo 8 para riesgos de presupuesto, que corresponden a todo el proceso documentado en los numerales anteriores del presente capítulo.

2) Asignar probabilidad, impacto y detección

La asignación de las calificaciones de probabilidad de ocurrencia, impacto y detección del riesgo se realizaron mediante el desarrollo de la entrevista 2 (anexo 4) de forma individual cada uno de los tres expertos.

Para esta calificación se estableció con ayuda del experto 1 una escala de porcentaje para la probabilidad de ocurrencia, con el fin de definir una base para el momento de otorgar una probabilidad a cada uno de los riesgos (tabla 14), y para las escalas de calificación de impacto y detección del riesgo se emplearon la definidas en las tablas 2 y 3 respectivamente.

Tabla 14. Escala calificación asignada para la probabilidad de ocurrencia

Calificación	Escala	Descripción
5	100%-90%	Es muy probable que ocurra el riesgo
4	89%-70%	Es probable que ocurra el riesgo
3	69%-40%	La probabilidad de ocurrencia del riesgo es media
2	39%-20%	El riesgo probablemente no ocurra
1	19%-0%	Es muy probable que el riesgo no ocurra.

Fuente: Elaboración propia

Una vez finalizada la entrevista 2, se procedió al cálculo del puntaje de riesgo (ecuación 1) y RPN (ecuación 2) para cada uno de los riesgos y expertos al igual

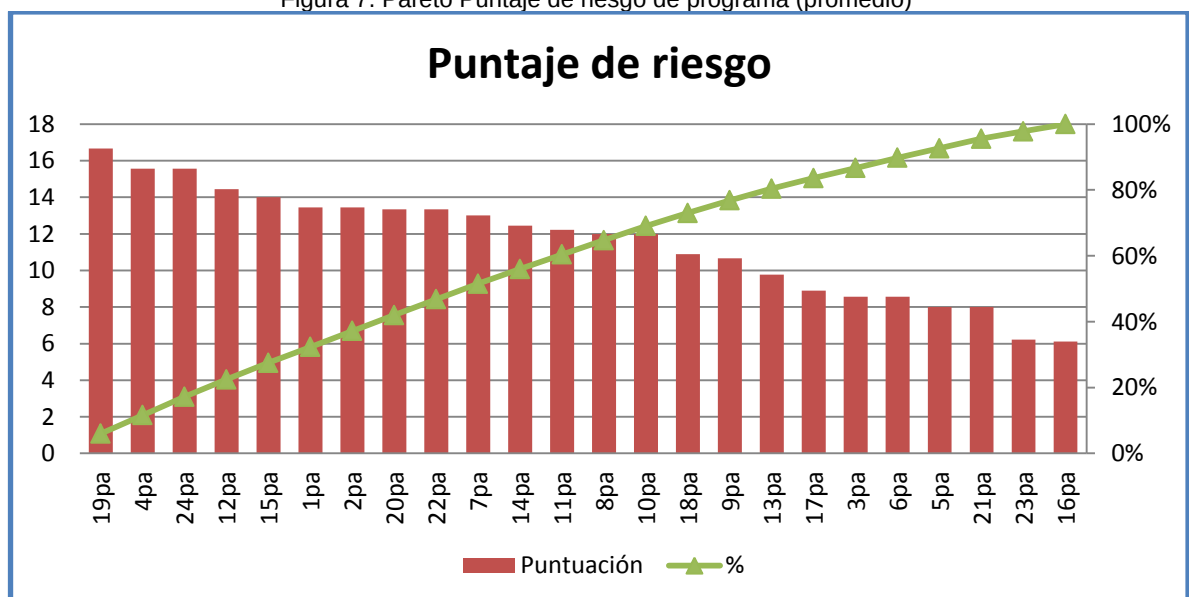
que un cálculo promedio de RPN y puntaje del riesgo, con el cual posteriormente se realizó el paso 4. Aunque este promedio permite llegar a un balance en las calificaciones de los expertos, es de importancia aclarar que existen variaciones entre las calificaciones de cada experto (anexo 9 y 10).

3) Analizar el Pareto del RPN y Puntaje de riesgo para riesgos de programa

En las figuras 7 y 8 se ilustra el pareto de puntajes de riesgos promedio vs riesgos y el RPN promedio vs riesgos respectivamente, para los riesgos de programa, con el fin de encontrar el punto crítico para cada uno de estos parámetros. Sin embargo, como se puede observar la distribución de las gráficas es simétrica por lo cual se dificulta encontrar el punto crítico, es por ello que para esto se realizó la gráfica para cada uno de los expertos, por medio de las cuales se halló el punto crítico para cada uno de los expertos y posteriormente se calculó el valor promedio.

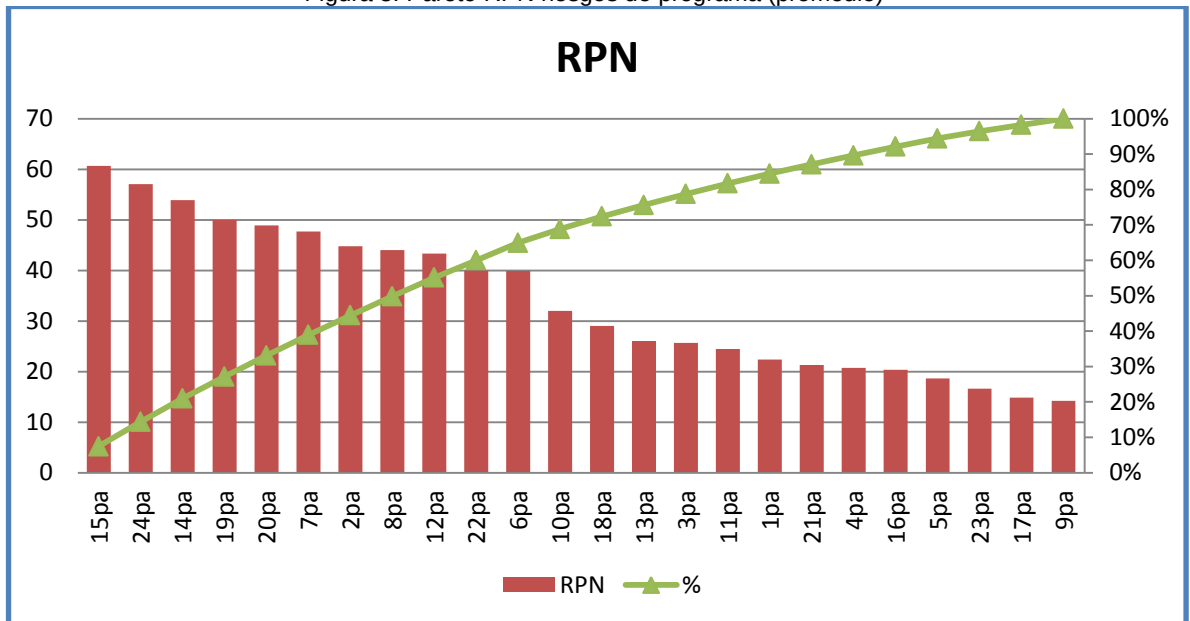
Es así, que se obtuvo como punto crítico para el puntaje de riesgo un valor de 13 y para el RPN un valor de 45 para los riesgos de programa.

Figura 7. Pareto Puntaje de riesgo de programa (promedio)



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Pareto RPN riesgos de programa (promedio)

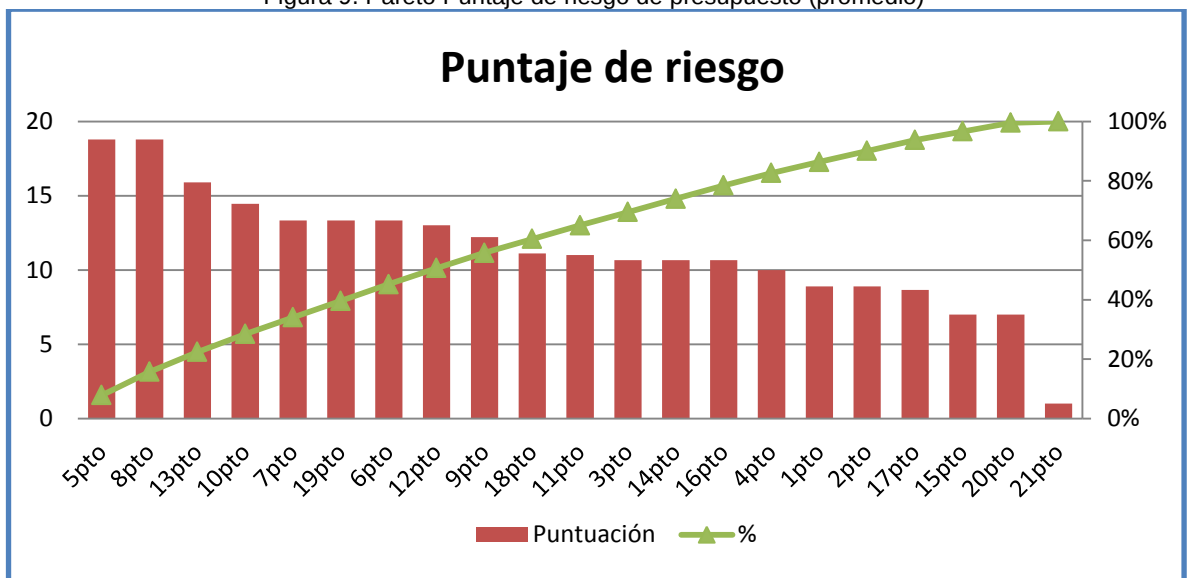


Fuente: Elaboración propia

4) Analizar el Pareto del RPN y Puntaje de riesgo para riesgos de programa

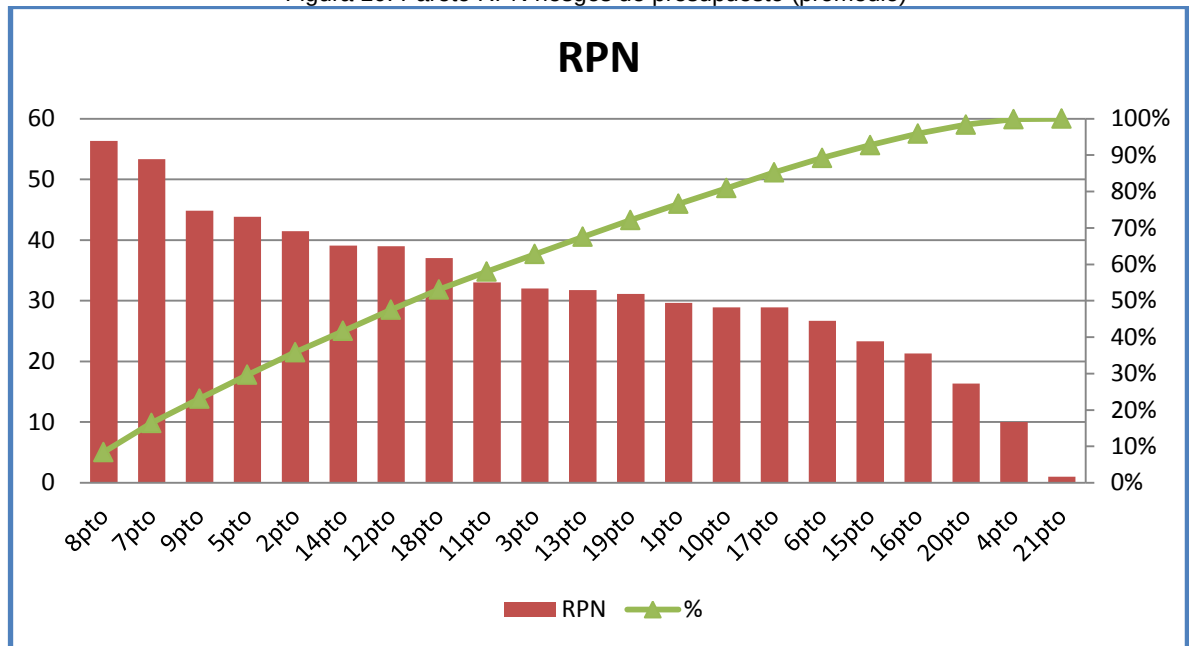
Para obtener los valores críticos de estos dos parámetros pero aplicados a los riesgos de presupuesto se siguió el mismo procedimiento descrito anteriormente en el numeral 3, esto debido a que las distribuciones de las figuras 9 y 10 presentan una distribución simétrica.

Figura 9. Pareto Puntaje de riesgo de presupuesto (promedio)



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Pareto RPN riesgos de presupuesto (promedio)



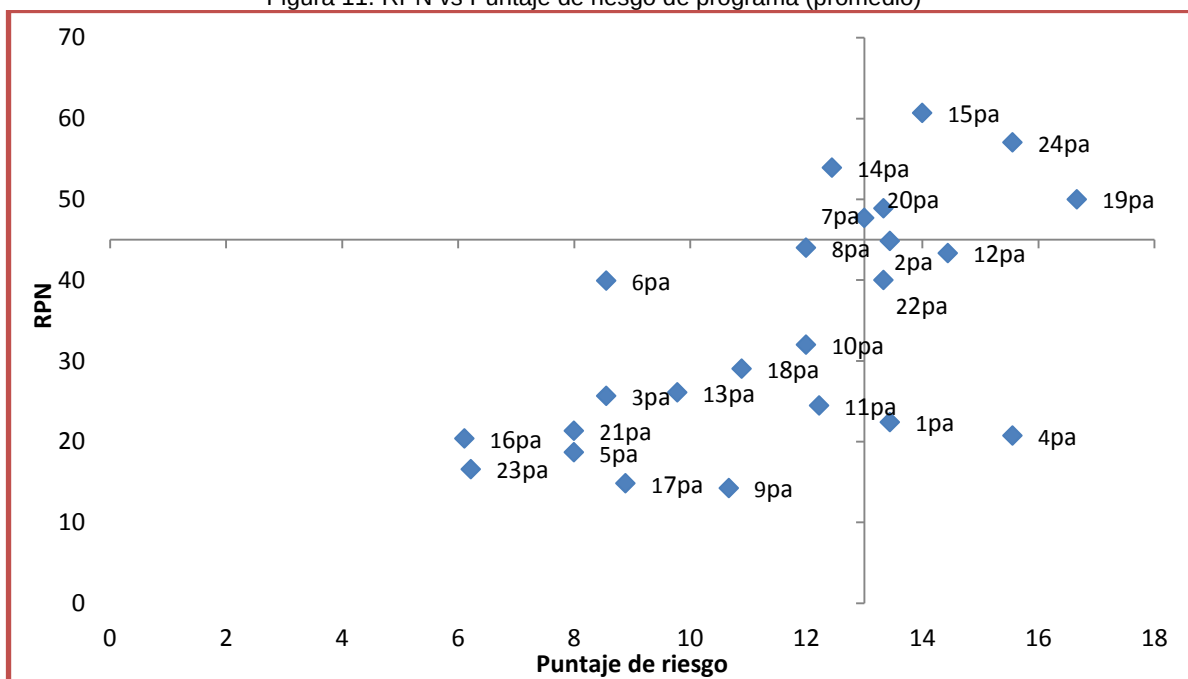
Fuente: Elaboración propia

Observando las gráficas para cada uno de los expertos se concluye en un valor crítico para el puntaje de riesgo de 13 y para el RPN un valor de 41.

- 5) Analizar gráfico de dispersión para RPN Vs puntaje de riesgo: (Carbone & Tippet, 2004) proponen realizar un diagrama de dispersión entre los valores de puntaje de riesgo (Eje x) y el RPN (Eje y), con el propósito de describir el comportamiento conjunto de las variables y seleccionar de esta forma los factores de riesgo críticos estableciendo límites tanto para el Puntaje de Riesgo como para RPN.

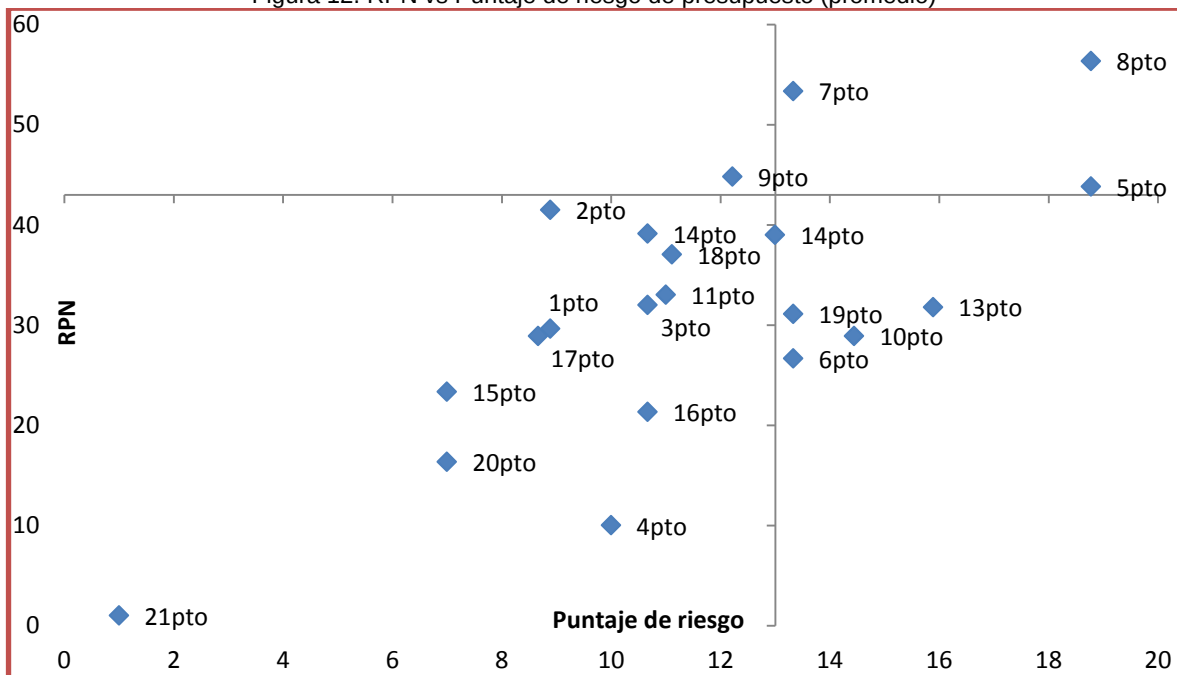
Una vez obtenidos los valores críticos se procedió a graficar RPN vs puntaje de riesgo tanto para programa (figura 11) como para presupuesto (figura 12). De acuerdo con los resultados de dispersión de las variables RPN y puntaje de riesgo, teniendo en cuenta sus valores máximos permitidos, se identificaron los factores de riesgo de programa (tabla 15) y presupuesto (tabla 16) críticos para el proyecto.

Figura 11. RPN vs Puntaje de riesgo de programa (promedio)



Fuente: Elaboración propia

Figura 12. RPN vs Puntaje de riesgo de presupuesto (promedio)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Riesgos de programa priorizados con RFMEA

ID	Riesgos de programa
20pa	El trabajo adicional
7pa	Retraso en la entrega de material
15pa	Retrasos en la inspección y pruebas de trabajo
24pa	Condiciones climáticas inapropiadas
19pa	Tarde adquisición del material
2pa	Reprocesos debido a errores

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Riesgos de presupuesto priorizados con RFMEA

ID	Riesgos de presupuesto
5pto	La inflación
7pto	Los costos laborales/ disponibilidad/alimentación/rendimiento/productividad
8pto	Retardo en el programa

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE RIESGO Y PLANTEAMIENTO DEL MODELO APLICADO AL CASO ESTUDIO

A lo largo de este capítulo se expone el desarrollo del modelo aplicado al caso estudio, en la sección 4.1 se presenta una descripción del proyecto caso estudio con base en el cual se desarrollará el modelo y adicionalmente se plantea el modelo determinístico para el proyecto. En la sección 4.2 se realiza la asignación de los riesgos seleccionados en el anterior capítulo a los paquetes de actividades de una forma cualitativa y posteriormente se recolectan los datos mínimos, máximos y más probables para el impacto de los riesgos en presupuesto y tiempo, esta recolección de datos se lleva a cabo con la ayuda del experto 1, pues cuenta con una amplia experiencia en el sector y adicionalmente, presenta una mayor disposición de tiempo para la recopilación de información relevante. Por último, en la sección 4.3 se expone el proceso que se realizó para la construcción del modelo estocástico.

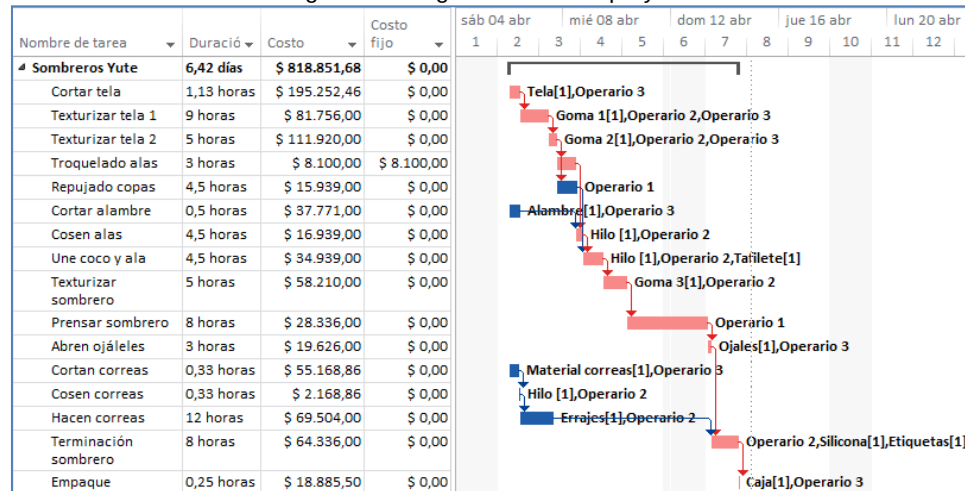
4.1 PROYECTO CASO ESTUDIO

Actualmente, la empresa Sombreros Texanos maneja un portafolio de productos clasificados en sus diferentes tipos de materiales sintético, cuero, tela, yute, cuero sintético. La producción de los artículos se hace bajo pedido, es decir, obedece al sistema de producción MTO pues la empresa está enfocada en satisfacer los requerimientos de cada cliente.

Por lo cual, para llevar a cabo el desarrollo del proyecto se seleccionó un pedido que obedece a la producción de 90 sombreros en material yute. Hasta el momento, la empresa maneja una asignación de fecha de entrega por pedido de forma empírica, para este proyecto se asignó un periodo de entrega al cliente de 5 días.

Para la construcción del modelo determinístico del proyecto se contó con la ayuda del experto 1, definiendo 16 actividades necesarias para concluir el pedido de producción del sombrero de yute, sus precedencias, recursos, duraciones y costos (figura 13).

Figura 13. Diagrama de Gantt proyecto



Fuente: Elaboración propia

Este modelo determinístico construido con la ayuda de Microsoft Project, arrojó una duración para el presente proyecto de 6,42 días, lo cual a simple vista comparado con el periodo de entrega acordado entre la empresa y el cliente ya generaría un incumplimiento en su programa, con un retraso aproximado de 1,41 días, adicionalmente arrojó un costo para el proyecto de \$818.851,68.

4.2 PLANTEAMIENTO DEL MODELO DE SIMULACIÓN

4.2.1 Definición del grado de influencia de los riesgos sobre las actividades

Según (Ökmen & Öztaş, 2008) se define el grado de influencia de los riesgos sobre las actividades que se consideren del caso, ya sean actividades de la ruta crítica o simplemente consideradas como actividades de gran importancia dentro del proyecto, lo que significa, que no se requiere definir dicha relación para todas las actividades del proyecto.

Con base en esto, la definición del grado de influencia de los riesgos se hizo por paquetes de actividades, es decir, se agruparon las 16 actividades en 6 grupos, esta agrupación se realizó mediante la unión de actividades similares como lo son actividades de costura, texturizado, hormado, corte, terminación y troquelado (tabla 17).

Tabla 17. Paquetes de actividades

ID Paquete	Paquete	Actividad
1	Corte material	Cortar tela
		Cortar alambre
		Cortan correas
2	Texturizado	Texturizar tela 1
		Texturizar tela 2
		Texturizar sombrero
3	Hormado	Repujado copas
		Prensar sombrero
4	Costura	Cosen alas
		Une coco y ala
		Cosen correas
5	Terminación	Abren ojáleles
		Hacen correas
		Adorna sombrero
		Empaque
6	Troquelado	Troquelado alas

Fuente: Elaboración propia

(Ökmen & Öztaş, 2008) plantean las calificaciones del grado de influencia del riesgo por actividad como muy efectivas (ME), efectivas (E) e inefectivas (IE); estas se traducen a un valor numérico el cual representan el grado de que tanto un factor de riesgo crea incertidumbre sobre una actividad en particular (Ökmen & Öztaş, 2008).

Una vez obtenida la calificación cualitativa los autores proponen traducir esas calificaciones a un valor mediante las ecuaciones 6 y 7. Como escala de

valoración, plantean que se tome como el 70% el total de las calificaciones muy efectivas y el 30% como el total de las calificaciones efectivas para una actividad en particular.

Ecuación 6. Valor del grado de influencia del riesgo por actividad (Muy efectivo)
Valor del grado de influencia del riesgo por actividad_i

$$= \frac{0.7}{\text{Número de calificaciones asignadas como muy efectivas a la actividad}}$$

Ecuación 7. Valor del grado de influencia del riesgo por actividad (Efectivo)
Valor del grado de influencia del riesgo por actividad_i

$$= \frac{0.3}{\text{Número de calificaciones asignadas como efectivas a la actividad}}$$

Estos porcentajes de las escalas muy efectivas y efectivas se entienden como la división de la incertidumbre total de una actividad entre los riesgos que la afectan, es por esto que los valores de las calificaciones muy efectivas no pueden sumar más de 70% y los valores de las calificaciones efectivas no pueden sumar más de 30% y de esta forma la sumatoria del valor de influencia de los riesgos por actividad debe es igual a 100%.

Para el caso de estudio se planteó una modificación a las escalas de calificación planteadas anteriormente, con el fin de generar un mayor entendimiento por parte de los expertos al momento de asignar los riesgos a las actividades, de tal forma que se asignó con ayuda del experto un intervalo de incertidumbre a cada una de las escalas (muy efectiva y efectiva), para la escala muy efectiva se hace referencia a que un factor de riesgo puede crear entre 100% y 50% de incertidumbre sobre una actividad, y para la escala efectiva entre 49% y 1% de incertidumbre.

Con el fin de plantear las ecuaciones adaptadas a los intervalos se propone escoger el valor promedio de estos, obteniendo 75% para el total de las calificaciones muy efectivas (ecuación 8) y el 25% como el total de las calificaciones efectivas para una actividad en particular (ecuación 9).

Ecuación 8. Valor del grado de influencia del riesgo por actividad (Muy efectivo) - Adaptada

$$\text{Valor del grado de influencia del riesgo por actividad}_i = \frac{0.75}{\text{Número de calificaciones asignadas como muy efectivas a la actividad}}$$

Ecuación 9. Valor del grado de influencia del riesgo por actividad (Efectivo) - Adaptada

$$\text{Valor del grado de influencia del riesgo por actividad}_i = \frac{0.25}{\text{Número de calificaciones asignadas como efectivas a la actividad}}$$

La asignación de los grados de influencia del riesgo por paquetes de actividad en el caso estudio se realizó con la ayuda de él experto 1, para esto se llevó a cabo una reunión con el experto en la cual se iba asignando la escala cualitativa entre cada uno de los riesgos de programa (tabla 18) y riesgos de presupuesto (tabla 19) y los paquete de actividades.

Tabla 18. Grados de influencia de los riesgos de programa sobre los paquetes de actividades.

Paquete	2pa	7pa	15pa	19pa	20pa	24pa
1	E	ME		ME		
2		E				ME
3	ME		E			
4	E	ME	E			
5	E	ME	E	E	E	
6	ME				E	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Grados de influencia de los riesgos de presupuesto sobre los paquetes de actividades.

Paquete	5pto	7pto	8pto
1	E		ME
2	E		ME
3		E	ME
4			ME
5	E		ME
6			

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Variables de entrada requeridas

Para llevar a cabo la construcción del modelo estocástico se establecieron los valores mínimo, máximo y más probable para los impactos de cada uno de los riesgos de programa en cuanto a tiempo (tabla 20) y riesgos de presupuesto en cuanto a costo (tabla 21). Los valores de la tabla 20 se entienden como el impacto negativo que tendrán los riesgos de programa sobre la duración, es decir, representa para el experto 1 una medida en horas del efecto de este riesgo sobre cualquier actividad de importancia, en el caso de la tabla 21 representa el impacto negativo en pesos (\$) de cada uno de los riesgos de presupuesto sobre cualquier actividad de importancia.

Tabla 20. Impacto de los riesgos de programa

ID Riesgo	Impacto mínimo	Impacto esperado	Impacto máximo
2pa	0,86	1,00	3,86
7pa	1,62	2,00	4,90
15pa	0,25	0,50	0,93
19pa	0,16	0,30	0,40
20pa	0,11	0,15	0,29
24pa	0,50	2,00	3,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Impacto de los riesgos de presupuesto

ID Riesgo	Impacto mínimo	Impacto esperado	Impacto máximo
5pto	\$ 3637	\$ 3643	\$ 4429
7pto	\$ 885	\$ 1201	\$ 4870
8pto	\$ 17169	\$ 19605	\$ 44994

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se requiere la probabilidad de ocurrencia de cada uno los riesgos de programa (tabla 22) y presupuesto (tabla 23), estos valores se determinaron partiendo de la escala de calificación del RFMEA (tabla 14) asignada a cada uno de los riesgos, luego dentro de este intervalo el experto 1 asignó un valor en porcentaje pertinente para cada uno de los riesgos, por ejemplo: el riesgo de programa “La escasez del material (ID = 1)” tiene una calificación promedio para la probabilidad en el RFMEA de 4 (anexo 9), por lo cual su escala según la tabla 14 estaría asignada entre 89% - 70%, dentro de este intervalo el experto 1 asignó una probabilidad de ocurrencia de 70%.

Tabla 22. Probabilidad de ocurrencia riesgos de programa

ID Riesgo	Riesgos de programa	Probabilidad ocurrencia
2pa	Reprocesos debido a errores	60%
7pa	Retraso en la entrega de material	50%
15pa	Retrasos en la inspección y pruebas de trabajo	60%
19pa	Tarde adquisición del material	40%
20pa	El trabajo adicional	80%
24pa	Condiciones climáticas inapropiadas	70%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Probabilidad de ocurrencia riesgos de presupuesto

ID Riesgo	Riesgos de presupuesto	Probabilidad ocurrencia
5pto	La inflación	50%
7pto	Los costos laborales/ disponibilidad/alimentación/rendimiento/producción	50%
8pto	Retardo en el programa	80%

Fuente: Elaboración propia

Adicional a los parámetros ya mencionados, según las ecuaciones 3 y 4 otro de los valores requeridos son los grados de influencia traducidos a una expresión cuantitativa, con el uso de la ecuación 8 para los riesgos de programa (tabla 24) y la ecuación 9 para los riesgos de presupuesto (tabla 25).

Tabla 24. Asignación cuantitativa de los grados de influencia (riesgos de programa) con base en la ecuación 8

Paquete	2pa	7pa	15pa	19pa	20pa	24pa
1	25,0%	37,5%		37,5%		
2		25,0%				75,0%
3	75,0%		25%			
4	12,5%	75,0%	12,5%			
5	6,0%	75,0%	6,0%	6,0%	6,0%	
6	75,0%					25%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Asignación cuantitativa de los grados de influencia (riesgos de presupuesto) con base en la ecuación 9

Paquete	5pto	7pto	8pto
1	75,0%		25,0%
2	25,0%		75,0%
3		25,0%	75,0%
4		25,0%	75,0%
5	25,0%		75,0%
6	75,0%		25,0%

Fuente: Elaboración propia

4.3 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO ESTOCÁSTICO

En el presente caso estudio, al plantearse la integración de los riesgos de programa y presupuesto en un modelo estocástico, se seleccionaron como entradas al modelo el impacto mínimo, más probable y máximo en cuanto a duración y costo, planteados en las tablas 20 y 21. A estos valores se les definieron distribuciones triangulares con el fin de realizar la asignación de estos a cada una de las actividades y cumplir con las ecuaciones 1 y 2. Como salidas del modelo se asignaron la duración total y el costo total del proyecto, con el fin de ver el impacto que tendrá la simulación en estas variables.

Para el presente proyecto, se seleccionó la distribución triangular ya que esta se emplea comúnmente como una descripción subjetiva de una población de la que se tiene información limitada y sobre todo en los casos en los que la relación entre las variables se conoce, esta distribución tiene como entradas las cantidades mínima, máxima y más probable.

Entre diferentes autores, (SERGAS, 2014) plantea que uno de los usos más frecuentes de esta distribución son los análisis de riesgos, esto debido a que se asemeja a la distribución beta (la cual es la más apropiada en dicho campo), pero posee un nivel de complejidad menor, tanto en la estimación de sus entradas como en la interpretación de los resultados. Adicionalmente, (Enrique, 2012) expone que esta distribución es de uso frecuente en la toma de decisiones

empresariales, sobre todo en las simulaciones, y en general cuando no se sabe mucho acerca de la distribución de un resultado.

La simulación se efectuó inicialmente con 100 iteraciones, y los resultados correspondientes a dicho número son los que se consignan en las secciones 4.1, 4.2 y 4.3, cabe aclarar que más adelante en la sección 4.4.1 se presentan los resultados de otras las simulaciones con un número diferente de iteraciones.

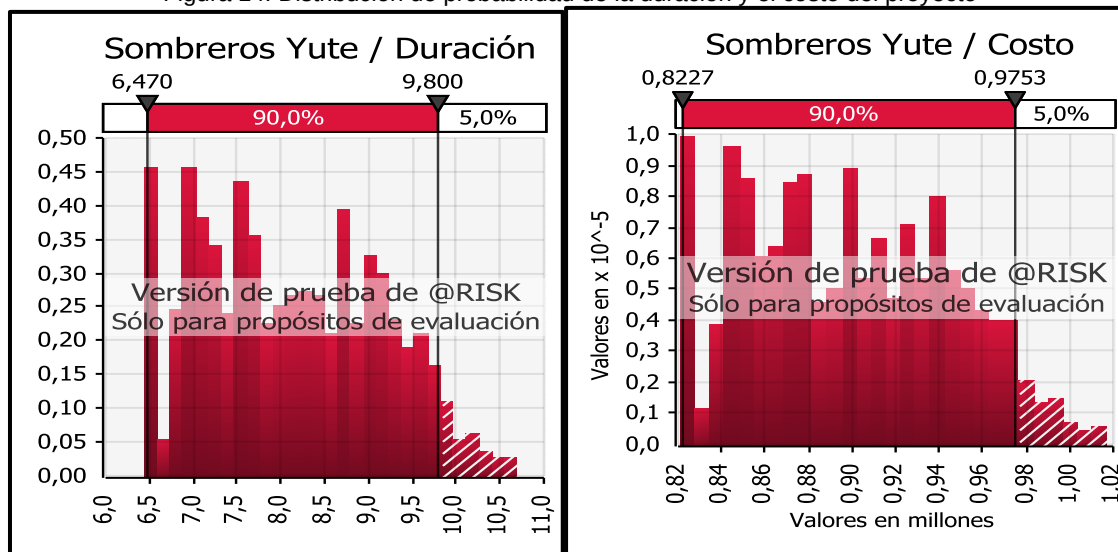
CAPITULO V: SIMULACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

Una vez construido el modelo estocástico se procede a realizar la simulación del modelo, a lo largo de este capítulo se expone en la sección 5.1 los resultados de la simulación para posteriormente en la sección 5.2 llevar a cabo el análisis respectivo de los resultados, además, en la sección 5.3 se presenta la priorización de los riesgos de programa y presupuesto, y posteriormente en la sección 5.4 se realiza la validación del modelo y una análisis de estabilidad de resultados.

5.1 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

La simulación arrojó como resultados estadísticos (tabla 26) una oscilación de los valores de la duración del proyecto entre 6,44 y 10,7 días, obteniendo como valor medio 8,10 días, para el costo se obtiene un intervalo de oscilación entre \$821.047 y \$1.016.991 con un valor medio de \$898.380, respecto a la desviación como medida de dispersión se tiene para la duración 1,02 días y para el costo \$46.512.

Figura 14. Distribución de probabilidad de la duración y el costo del proyecto



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la simulación

Tabla 26. Resultados estadísticos de la simulación de la duración y el costo del proyecto

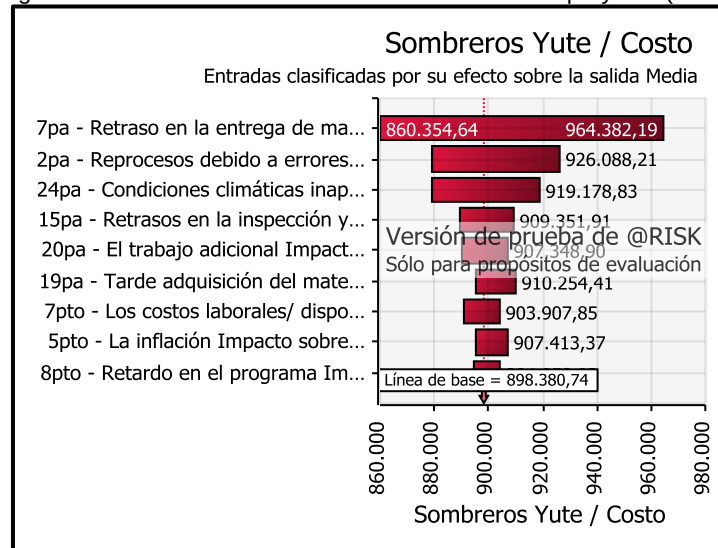
Estadísticos	Costo	Duración
Mínimo	\$ 821.047,72	6,44 días
Máximo	\$ 1.016.991,16	10,7 días
Media	\$ 898.380,73	8,10 días
Desv Est	\$ 46.512,62	1,02 días
Indice de sesgo	0,202	0,21
Curtosis	2,12	2,05

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la simulación

Adicionalmente, en cuanto a las medidas de forma de la distribución, específicamente la curtosis indica que las distribuciones tanto para la duración como para el costo al tener un coeficiente mayor a cero se conocen como distribuciones leptocúrticas, lo cual implica una distribución más apuntada y con colas más anchas que la normal (Lejarza, s.f). Esto indica que existe una elevada concentración de datos en torno a la media.

Los diagramas de tornado del modelo integral ubicaron los riesgos que poseen una mayor influencia en el costo total (figura 15) y la duración total (figura 16), cabe aclarar que la simulación se hizo conjunta para los riesgos de programa y presupuesto, pero de tal forma que la lista de riesgos de programa afectaba de forma directa la duración de cada una de las actividades y lo mismo para los riesgos de presupuesto con el costo de cada una de las actividades; a pesar de esto los riesgos de programa presentan un efecto en el costo, esto debido a la asignación de recursos tipo labor a las actividades en el modelo determinístico, tal y como se observa en la figura 15.

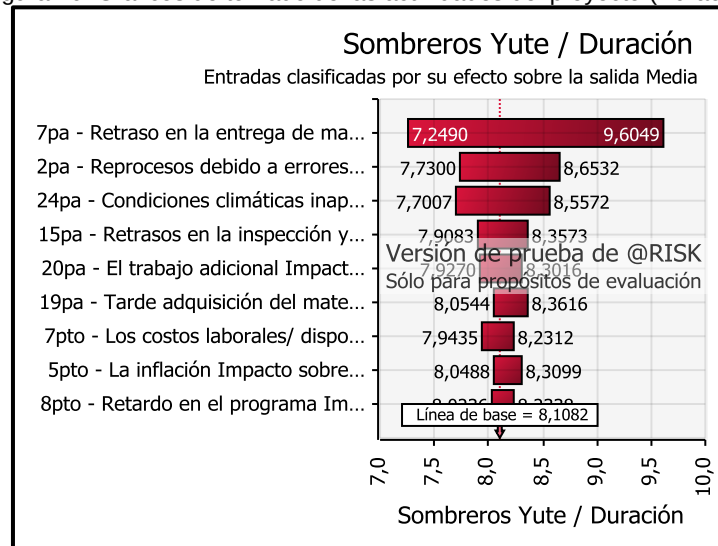
Figura 15. Gráficos de tornado de las actividades del proyecto (Costo)



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la simulación

Por otro lado, los riesgos de presupuesto están solo asignados al costo y de igual modo presentan un efecto en la duración del proyecto, como se observa en el diagrama de tornado para la duración arrojado por el modelo integral (figura 16).

Figura 16. Gráficos de tornado de las actividades del proyecto (Duración)



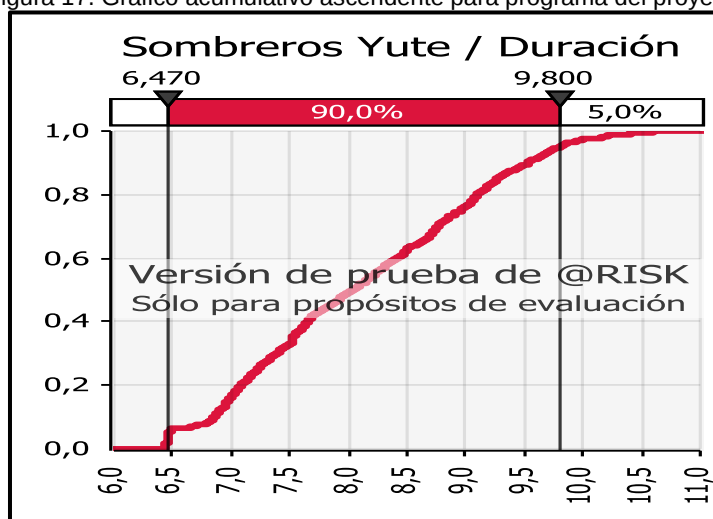
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la simulación

5.2 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.2.1 Análisis de resultados

En el gráfico acumulativo ascendente (figura 17) para el programa del proyecto caso estudio se evidencia que la duración determinística del proyecto de 6,41 días y la duración acordada con el cliente de 5 días cuentan con una probabilidad de cumplimiento menor al 1%.

Figura 17. Gráfico acumulativo ascendente para programa del proyecto



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la simulación

En la tabla 27 se expone que la probabilidad de cumplimiento de la duración acordada con el cliente es de 0,78%, y adicionalmente que si se plantea un nivel de confianza del 95% la duración del proyecto sería de aproximadamente 10 días o menos y que comparada con la duración que se acuerda entre la empresa y el cliente se necesitarían alrededor de 5 días de reserva para contingencia del programa del proyecto. Este análisis parte de que a lo largo del proyecto se pueden presentar tanto riesgos de programa como de presupuesto.

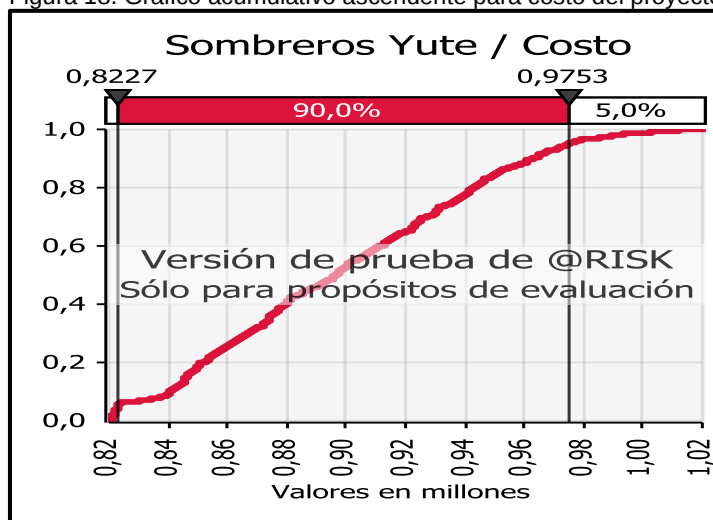
Tabla 27. Resumen de los resultados del análisis de los riesgos de programa y presupuesto para la duración

Duración acordada		Duración probabilística con riesgos implícitos			
		Probabilidades			
Duración acordada (días)	5	5%	50%	80%	95%
Proba. Duración acordada	0,78%	7 días	8 días	9 días	10 días
Contingencia con riesgos de presupuesto y programa		2 días	3 días	4 días	6 días

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la simulación

Los resultados del análisis de los riesgos en el costo total del proyecto (figura 18) indican que el costo del proyecto incluyendo el impacto de los riesgos de programa y presupuesto presenta una probabilidad menor al 1% de cumplir con el costo presupuestado.

Figura 18. Gráfico acumulativo ascendente para costo del proyecto



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la simulación

Adicionalmente, se plantea en la tabla 28 una probabilidad de 0.994% de cumplir con el costo presupuestado, y una necesidad de reserva para contingencias de \$156.911 si se plantea una confianza de 95%, ya que para este mismo nivel hay

un 95% de probabilidad de que el proyecto tenga un costo de \$ 975.302 o menos, teniendo en cuenta los riesgos y que se sigue con el plan actual.

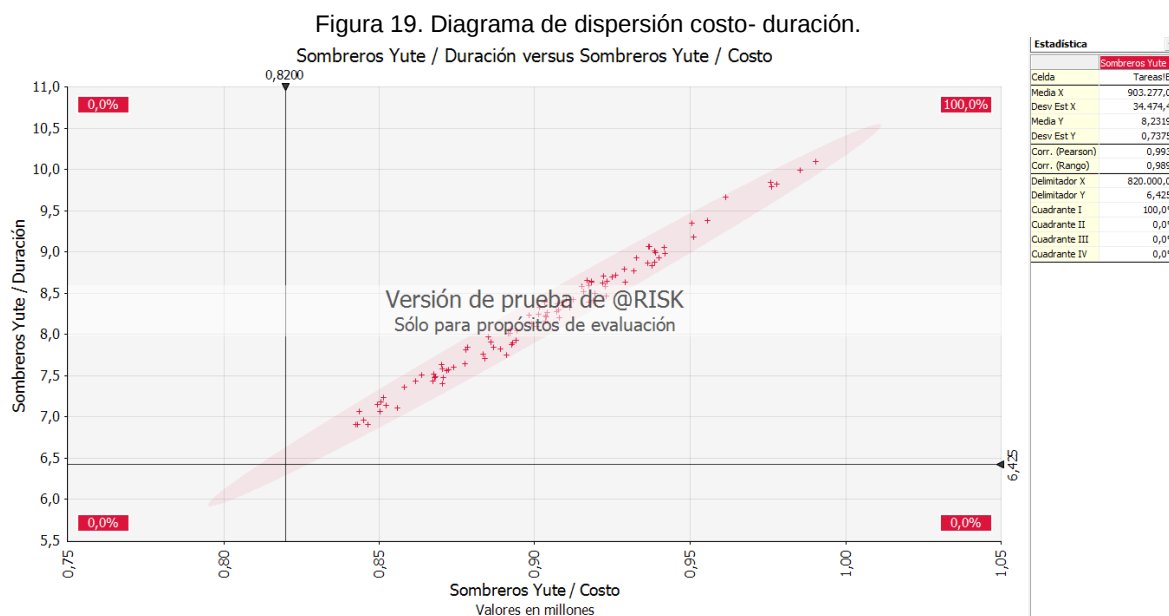
Tabla 28. Resumen de los resultados del análisis de los riesgos de programa y presupuesto para el presupuesto.

Presupuesto estimado		Presupuesto probabilístico con riesgos implícitos			
		Probabilidades			
Presupuesto estimado (\$)	\$ 818.391	5%	50%	80%	95%
Proba. Presupuesto estimado	0,997%	\$ 822.712	\$ 896.280	\$ 942.538	\$ 975.302
Contingencia con riesgos de presupuesto y programa		\$ 4.321	\$ 77.889	\$ 124.147	\$ 156.911

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la simulación

5.2.2 Correlación entre costo y duración del proyecto

En el punto de corte del plano del diagrama de dispersión de tiempo-costo (figura 19), se estima aproximadamente el punto determinista de una duración de 6,42 días y un costo de \$820.000, el cuadrante inferior izquierdo indica que hay una probabilidad de 0% de probabilidad de que el proyecto satisfaga el programa y presupuesto planeado. Adicionalmente, se obtiene una correlación entre el tiempo y el costo de 99,34%.



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la simulación

5.3 PRIORIZACIÓN DE LOS RIESGOS (GRÁFICOS DE TORNADO)

Con lo expuesto en la sección anterior, se presenta a continuación un análisis de los diagramas de tornado segregado de la siguiente forma: para la identificación de los riesgos que presentan una mayor afectación en la duración se considera la figura 16 y para la priorización de los riesgos en el costo total se emplea la figura 15.

Según el manual de @Risk, el gráfico de tornado es “un análisis de sensibilidad gráfico, que despliega una jerarquización de las variables de entrada que impactan a una variable de salida del modelo. Las variables de entrada que poseen un mayor impacto sobre la distribución de la variable de salida poseerán las barras más largas en el gráfico”.

Para esto se parte de lo expuesto por (Paz & Rozemboin, 2014) donde se explica que el rango de los valores de la media de la variable de salida, muestra el nivel en el cual dicha variable es afectada solamente por el impacto total del riesgo en

específico. Esto quiere decir que entre más grande sea el rango de variación, la entrada va a poseer un mayor efecto sobre la variable de salida.

Con base en esto, en las tablas 29 y 30 se plantean los rangos para cada uno de los riesgos de programa y presupuesto respectivamente.

Tabla 29. Rangos de los valores de la media de los riesgos que afectan la duración total del proyecto

Nombre	Inferior	Superior	Rango
7pa - Retraso en la entrega de material	7,249 días	9,605 días	2,356 días
2pa - Reprocesos debido a errores	7,73 días	8,653 días	0,923 días
24pa - Condiciones climáticas inapropiadas	7,701 días	8,557 días	0,857 días
15pa - Retrasos en la inspección y pruebas de trabajo	7,908 días	8,357 días	0,449 días
20pa - El trabajo adicional	7,927 días	8,302 días	0,375 días
19pa - Tarde adquisición del material	8,054 días	8,362 días	0,307 días
7pto - Los costos laborales/ disponibilidad/alimentación/rendimiento /productividad	7,944 días	8,231 días	0,288 días
5pto - La inflación	8,049 días	8,31 días	0,261 días
8pto - Retardo en el programa	8,024 días	8,234 días	0,21 días

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la simulación

Con la información presentada en la tabla 29 se concluye que los riesgos que presentan una mayor influencia en la duración total de proyecto son 7pa - Retraso en la entrega de material, 2pa - Reprocesos debido a errores, 24pa – Condiciones climáticas inapropiadas.

Con base en la tabla 30 se determinó que los riesgos más influyentes para el costo total del proyecto son 7pa - Retraso en la entrega de material, 2pa - Reprocesos debido a errores, 24pa – Condiciones climáticas inapropiadas.

Tabla 30. Rangos de los valores de la media de los riesgos que afectan el costo total del proyecto

Nombre	Inferior	Superior	Rango
7pa - Retraso en la entrega de material	\$ 860355	\$ 964382	\$ 104.028
2pa - Reprocesos debido a errores	\$ 879480	\$ 926088	\$ 46.608
24pa - Condiciones climáticas inapropiadas	\$ 879335	\$ 919179	\$ 39.843
15pa - Retrasos en la inspección y pruebas de trabajo	\$ 889352	\$ 909352	\$ 20.000
20pa - El trabajo adicional	\$ 890285	\$ 907349	\$ 17.064
19pa - Tarde adquisición del material	\$ 895684	\$ 910254	\$ 14.571
7pto - Los costos laborales/ disponibilidad/alimentación/rendimiento/productividad	\$ 890744	\$ 903908	\$ 13.163
5pto - La inflación Impacto	\$ 895687	\$ 907413	\$ 11.726
8pto - Retardo en el programa	\$ 894391	\$ 904058	\$ 9.667

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la simulación

5.4 VALIDACIÓN DEL MODELO

Para el presente caso estudio la empresa estableció de manera empírica una duración del proyecto de 5 días y un costo de \$797.388, comparando estos datos con los arrojados por el modelo determinístico se evidencia un retraso en la duración del proyecto de aproximadamente 1,42 días y respecto al costo se tiene que la empresa está dejando por fuera de su costeo aproximadamente \$21.464. Una vez finalizado el proyecto se contó con una duración real de 7 días y un costo de \$897.960.

Los valores arrojados por la simulación con una confiabilidad del 95% establecen una duración media para el proyecto de 10 días y un costo total de \$975.302. En conclusión, comparado los valores reales obtenidos con los valores acordados con el cliente se determinó un desfase para la duración de 2 días y para el costo de \$100.582.

5.4.1 Estabilidad del modelo

Con el fin de validar la estabilidad de los valores arrojados por el modelo, se efectuaron simulaciones con diferentes números de iteraciones, esto se realizó para la duración total del proyecto (tabla 33) y para el costo del proyecto (tabla 34). Los valores arrojados para la duración se observa que la desviación estándar es menor a medida que aumenta el número de iteraciones por simulación, pero contrario a esto la desviación en el costo aumenta conforme aumentan las iteraciones. A pesar de esto se observa que los valores de los intervalos tanto para la duración como para el costo del proyecto no presentan una variación significativa en las simulaciones con iteraciones diferentes, con lo cual se verifica que la simulación integrada de los riesgos presenta una estabilidad en cuanto a los valores de las variables de salida.

Tabla 31. Iteraciones para la duración total del proyecto

	500 iteraciones	1000 iteraciones	10000 iteraciones
Mínimo	6,44 días	6,44 días	6,44 días
Máximo	10,91 días	10,7 días	11,1 días
Media	8,10 días	8,10 días	8,11 días
Desv Est	1,03 días	1,02 días	1,03 días

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de las simulaciones

Tabla 32. Iteraciones para el costo total del proyecto

	500 iteraciones	1000 iteraciones	10000 iteraciones
Mínimo	\$ 821189,4	\$ 821047,72	\$ 821047,72
Máximo	\$ 1027085,86	\$ 1016991,16	\$ 1035657,5
Media	\$ 898071,41	\$ 898380,73	\$ 898533,63
Desv Est	\$ 46975,74	\$ 46512,62	\$ 46758,45

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de las simulaciones

Adicionalmente el ranking de riesgos en los tres primeros lugares tanto para riesgos de programa como de presupuesto presenta una estabilidad como se observa en la tabla 33 para la duración total del proyecto y en la tabla 36 para el costo total del proyecto.

Tabla 33. Ranking de riesgos para la duración del proyecto con diferente número de iteraciones

500 iteraciones	1000 iteraciones	10000 iteraciones
7pa - Retraso en la entrega de material	7pa - Retraso en la entrega de material	7pa - Retraso en la entrega de material
2pa - Reprocesos debido a errores	2pa - Reprocesos debido a errores	2pa - Reprocesos debido a errores
24pa - Condiciones climáticas inapropiadas	24pa - Condiciones climáticas inapropiadas	24pa - Condiciones climáticas inapropiadas
19pa - Tarde adquisición del material	15pa - Retrasos en la inspección y pruebas de trabajo	7pto - Los costos laborales/ disponibilidad/alimentación /rendimiento/productividad
5pto - La inflación	20pa - El trabajo adicional	8pto - Retardo en el programa
8pto - Retardo en el programa	19pa - Tarde adquisición del material	20pa - El trabajo adicional
7pto - Los costos laborales/ disponibilidad/alimentación/rendimiento/productividad	7pto - Los costos laborales/ disponibilidad/alimentación/rendimiento/productividad	5pto - La inflación
15pa - Retrasos en la inspección y pruebas de trabajo	5pto - La inflación	19pa - Tarde adquisición del material
20pa - El trabajo adicional	8pto - Retardo en el programa	15pa - Retrasos en la inspección y pruebas de trabajo

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de las simulaciones

Tabla 34. Ranking de riesgos para el costo del proyecto con diferente número de iteraciones

500 iteraciones	1000 iteraciones	10000 iteraciones
7pa - Retraso en la entrega de material	7pa - Retraso en la entrega de material	7pa - Retraso en la entrega de material
2pa - Reprocesos debido a errores	2pa - Reprocesos debido a errores	2pa - Reprocesos debido a errores
24pa - Condiciones climáticas inapropiadas	24pa - Condiciones climáticas inapropiadas	24pa - Condiciones climáticas inapropiadas
5pto - La inflación	15pa - Retrasos en la inspección y pruebas de trabajo	7pto - Los costos laborales/ disponibilidad/alimentación /rendimiento/productividad
19pa - Tarde adquisición del material	20pa - El trabajo adicional	8pto - Retardo en el programa
8pto - Retardo en el programa	19pa - Tarde adquisición del material	20pa - El trabajo adicional
7pto - Los costos laborales/ disponibilidad/alimentación/rendimiento/productividad	7pto - Los costos laborales/ disponibilidad/alimentación/rendimiento/productividad	19pa - Tarde adquisición del material
15pa - Retrasos en la inspección y pruebas de trabajo	5pto - La inflación	5pto - La inflación
20pa - El trabajo adicional	8pto - Retardo en el programa	15pa - Retrasos en la inspección y pruebas de trabajo

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de las simulaciones

6. CONCLUSIONES

Con el presente trabajo de grado se logró una aproximación a la gestión de riesgos en una empresa de manufactura que trabaja bajo un ambiente Make To Order, usando diferentes herramientas, conceptos y profundizando en algunas ramas específicas como la gerencia de proyectos, gestión de riesgos y priorización de riesgos.

Para el enfoque del presente trabajo, la simulación Monte Carlo representa una herramienta de simulación útil en el análisis de riesgo debido a que esta permite ver todos los posibles resultados de las decisiones a tomar y evaluar el impacto del riesgo sobre cada una de las variables de salida establecidas en el modelo.

El modelo desarrollado en el presente trabajo de investigación representa una base para el análisis del impacto de riesgos en empresas que trabajan bajo un ambiente de producción Make To Order, puesto que este permite considerar los efectos tanto de riesgos de programa como de presupuesto en cada una de las variables de salida en este caso la duración y el costo total del proyecto. También se destaca la posibilidad de llevar a cabo una investigación enfocada en el análisis del impacto positivo que pueden llegar a tener los riesgos de programa y presupuesto sobre la duración y el costo total del proyecto.

De acuerdo a la consulta realizada a los expertos algunos de los principales riesgos en el caso específico del proyecto sombreros de yute, son condiciones climáticas inapropiadas y retardo en el programa; la estrategia de mitigación propuesta por dichos expertos para este último riesgo es establecer un método que permita determinar la duración de los proyectos, y para las condiciones climáticas realizar una modificación en la estructura en la cual se lleva a cabo el texturizado de telas y sombreros.

Es relevante aclarar que al estas priorizaciones de riesgos estar sujetas a juicio de expertos se tiene conocimiento de que los datos pueden presentar desviaciones en cuanto a sus valores. Otro punto a destacar del juicio de expertos en el caso estudio, es que los expertos al desempeñar cargos en diferentes áreas de la empresa poseen una visión sesgada de las áreas que no les corresponden, es por esto que se realizó una asignación de riesgos a los expertos dependiendo del área en el cual se desempeñan.

En cuanto a la priorización de riesgos de programa y presupuesto de mayor impacto en cuanto a la duración total y el costo total del proyecto, se obtuvo que los riesgos con un mayor impacto en la duración total se encuentran: 7pa - Retraso en la entrega de material, 2pa - Reprocesos debido a errores, 24pa – Condiciones climáticas inapropiadas. .

Por otro lado, se identificaron como riesgos con un mayor impacto en el costo total del proyecto: 7pa - Retraso en la entrega de material, 2pa - Reprocesos debido a errores, 24pa – Condiciones climáticas inapropiadas.

El modelo de simulación demostró que existe una correlación de 99,34% entre la duración total y el costo total del proyecto, dicha relación se corroboró de tal forma que dentro de los riesgos que afectan el costo total del proyecto se encuentran riesgos de programa y viceversa. Es por esto, que se plantea la importancia del desarrollo de este modelo, con el fin de obtener una visión integral del efecto de estos riesgos sobre la duración total y el costo total del proyecto.

Trabajos futuros:

- Presentar una adaptación del método de asignación de grados de influencia a las actividades con el fin de eliminar la limitación que posee.

- Realizar un modelo de simulación que incluya los efectos positivos que algunos riesgos pueden tener sobre el proyecto.
- Realizar el análisis de integral de riesgos de programa y presupuesto en un campo diferente.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Barends, D. M., Oldenhof, M. T., Vredenburg, M. J., & Nauta, M. J. (2012). Risk analysis of analytical validations by probabilistic modification of FMEA. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis* , 82-86.
- Borrero, J., & Pérez, J. (2012). *Análisis del riesgo de programa en el sector de la construcción para determinar su impacto en la duración de los proyectos. Caso de estudio: proyecto de vivienda en Cali (Pregrado)*. Cali: Universidad del Valle.
- Carbone, T., & Tippet, D. (2004). Project Risk Management Using the Project Risk FMEA. *Engineering Management Journal* Vol. 16 No. 4 , 28-35.
- Carreño, C. (2012). *Diseño del plan de la gestión de riesgos en los proyectos de consultoría de estudios técnicos y diagnóstico del estado mecánico y de corrosión de tuberías, tanques, y vasijas desarrollados por cima*. San José: Universidad para la Cooperación Internacional.
- Chadid, G., & Fernández, G. (2009). Análisis de riesgo en el proyecto de un sistema de información para la red empresarial Ecocacao. *Revista Soluciones de Postgrados EIA* , 115-130.
- Comunidad de Madrid. (s.f.). *Comunidad de Madrid*. Recuperado el 07 de 07 de 2014, de <http://www.madrid.org>
- Daojin, F. (2010). The Management of Project Risk Based on the AHP. *2nd International Conference on Industrial and Information Systems*. Tianjin.
- Delgado, C., & Misnaza, P. (2014). *Análisis de factores de riesgos en proyectos de una empresa de un subsector de construcción en cali. Una propuesta como apoyo en la determinación de medidas preventivas (Pregrado)*. Cali: Universidad del Valle.
- Enrique, J. L. (2012). *Simulación*. Obtenido de Distribución Triangular: <http://simulacionitca.blogspot.com/2012/03/distribucion-triangular.html>
- European Network and Information Security Agency. (2006). *ENISA*. Recuperado el 20 de 01 de 2015, de <http://www.enisa.europa.eu/activities/risk-management/current-risk/risk-management-inventory/files/deliverables/risk-management-principles-and-inventories-for-risk-management-risk-assessment-methods-and-tools>
- Giraldo, L., & Ortiz, A. (2014). *Balanceo de un portafolio de proyectos en una empresa de un subsector de la construcción de la ciudad de Cali teniendo en cuenta riesgos de programa*. Cali: Universidad del Valle.
- Hayse, J. W. (2000). *Using Monte Carlo Analysis in ecological risk assessments*. United States Environmental Protection Agency.
- Hulett, D. T. (2011). *Integrated cost and schedule risk analysis using Monte Carlo simulation of a CPM model*. AACE International, Inc.
- Jamaluddin, M., De Marco, A., & Barlish, K. (2012). A review of quantitative analysis techniques for construction project risk management. *Creative Construction Conference*. Budapest, Hungría.
- Jiménez, E., & Martín, J. (2005). El nuevo acuerdo de Basilea y la gestión del riesgo operacional. *Universia Business Review* , 54-67.

Lejarza, J. (s.f). *Universitat de València*. Recuperado el 14 de 04 de 2015, de <http://www.uv.es/ceaces/pdf/descr1.pdf>

Lledó Pablo. (2005). *Ventajas de administrar los riesgos de un proyecto*. ADEN.

Lledó, P., & Rivarola, G. (2007). *Gestión de proyectos. Cómo dirigir proyectos exitosos, coordinar los recursos humanos y administrar los riesgos*. Buenos Aires: Pearson Education.

Martínez, J., & Venegas, F. (2013). Riesgo operacional en la banca trasnacional:un enfonque bayesiano. *Revista de Economía–Volumen XXXII, No.1* , 31-72.

Ökmen, Ö., & Öztaş, A. (2008). *Construction project network evaluation with correlated schedule risk analysis model*. 134(1), 49-63.: Journal of Construction Engineering and Management.

Paz, J. C., & Rozemboin, D. (2014). *Análisis cuantitativo de los riesgos de programa en un proyecto de obra civil de la Universidad del Valle*. Cali: Universidad del Valle.

Pirayesh, N., Siadat, A., Tavakkoli, M., & Jolai, F. (2011). An integrated approach for risk-assessment analysis in a manufacturing process using FMEA and DES. *IEEE ICQR* , 366-370.

PMI. (2013b). *PMI's Pulse of the Profession™ The High Cost of Low Performance*. Project Management Institute, Inc.

PMI. (2013a). *The standard for portfolio management*. USA: Project Management Institute.

Price Waterhouse Coopers. (2011). *Principales hallazgos de la 1ra Encuesta Nacional de Madurez en Gerencia de Proyectos*. Colombia.

Raychaudhuri, S. (2008). Introduction to Monte Carlo simulation. *Winter Simulation Conference*, (págs. 91-100). Broomfield.

Raz, T., & Michael, E. (2001). Use and benefits of tools for project risk management. *International Journal of Project Management* , 9-17.

Rodríguez, E. (2011). *Guía para la administración del riesgo*. Bogotá DC, Colombia: Departamento Administrativo de la Función Pública.

SERGAS. (2014). *SERGAS - Servicio Gallego de Salud*. Recuperado el 2015, de <http://www.sergas.es/gal/documentacionTecnica/docs/SaudePublica/Apli/Epidat4/Ayuda/Distribuciones%20de%20probabilidad.pdf>

Vásquez, E. (2009). *Intesys Consulting, Making Strategy Work*. Recuperado el 08 de 07 de 2014, de http://intesysconsulting.com/yahoo_site_admin/assets/docs/Porque-fracasan-los-proyectos-de-TI.169152608.pdf

Vidal, C. J. (2006). *Fundamentos de gestion de inventarios*. Santiago de Cali: Universidad del Valle - Facultad de ingeniería.

Wang, X., & Huang, J. (2009). Risk Analysis of Construction Schedule Based on Monte Carlo Simulation. *Computer Network and Multimedia Technology*, (págs. 1-4). Wuhan.

Xiangnan, L., & Q G, M. (2004). Risk Analysis in Software Development Project with Owners and Contractors. *Engineering Management Conference*, (págs. 789 - 793 Vol.2).

Yongtao , Y. (2011). Risk Management Game Method of the Weapons Project Based on. *International Conference of Information Technology, Computer Engineering and Management Sciences*. Beijing.

Zhong, J., & Lin, Z. (2013). Risk Management of International Project Based on AHP and FMEA. *3rd International Conference on Civil Engineering, Architecture and Building Materials* (págs. Volume 357-360, Pages 2665-2670). Suiza: Trans Tech Publication.

8. ANEXOS

Anexo 1. Consolidación riesgos de programa.

ID	Riesgos de programa
1	La escasez de material
2	El retraso en la entrega de material
3	Los cambios en los tipos de materiales y especificaciones durante la producción
4	Inflación y cambios repentinos de los precios
5	Problemas de calidad de suministros o materiales
6	Proveedores no confiables
7	Daños en los materiales pedidos cuando son necesitados urgentemente
8	Tarde adquisición de materiales
9	La producción inadecuada de la materia prima en el país
10	Conflictos laborales y huelgas
11	La escasez de trabajadores
12	La productividad laboral
13	Mano de obra no calificada
14	Los conflictos personales entre la mano de obra
15	El trabajo adicional
16	Baja motivación y la moral de los trabajadores
17	Variaciones de diseño
18	Proceso de supervisión deficiente
19	Retraso debido a los procedimientos de aprobación excesivos
20	Revisión y aprobación de los documentos a última hora
21	Los retrasos en la inspección y pruebas de trabajo
22	Reprocesos debido a errores durante la producción
23	Tomas de decisiones lentas
24	La falta de coordinación y comunicación entre los participantes del proyecto
25	Variaciones del programa de producción
26	Las dificultades financieras
27	Retraso en el programa debido a retrasos en el pago
28	El retraso en la aprobación del diseño
29	Accidentes durante la producción
30	Falta de comprensión de las necesidades de los clientes
31	Procedimientos de control inadecuados
32	La complejidad del diseño del proyecto

33	Detalles poco claros e inadecuadas en dibujos
34	Retraso en la aprobación de cambios importantes
35	Los errores y las discrepancias en los documentos de diseño
36	Los retrasos en la producción de documentos de diseño
37	Retraso en el desarrollo de la producción por inconsistencias o falta de claridad en los diseños
38	Diseño defectuoso realizado por los diseñadores
39	Escasez de equipo y disponibilidad
40	Averías frecuentes de planta y equipo de producción
41	La baja productividad y eficiencia de los equipos
42	Equipo inadecuado
43	Los cambios en las regulaciones del gobierno y leyes
44	Las políticas gubernamentales inadecuadas
45	Los robos a cabo en el sitio
46	Programación del programa inadecuado
47	La duración del contrato original es demasiado corta
48	Las variaciones por parte del cliente
49	Pérdida de tiempo debido a la intervención inadecuada y excesiva de clientes
50	Lentitud en el proceso de decisión por el cliente
51	Condiciones climáticas inapropiadas

Anexo 2. Consolidación riesgos de presupuesto.

ID	Riesgos de presupuesto
1	Disponibilidad de materiales
2	Fluctuación de los precios de las materias primas
3	Carga de trabajo actual
4	Planificación inadecuada de la capacidad y el nivel de utilización de los recursos
5	Los costes laborales / disponibilidad / alimentación / rendimiento / productividad
6	Alto costo de los trabajos cualificados
7	Huelgas
8	El trabajo adicional
9	Alto costo de maquinarias
10	Dificultades suministro de maquinaria
11	Los altos costos de mantenimiento maquinarias
12	Los altos costos de transporte
13	Las regulaciones gubernamentales / políticas
14	La inflación
15	Condiciones del mercado
16	Capacidad financiera del cliente
17	Requisitos del cliente sobre la calidad
18	Las relaciones de trabajo con los clientes
19	Tipo de cliente
20	La inspección, prueba y aprobación del proyecto
21	El trabajo que debería haber sido incluido en el alcance original se omite por el propietario.
22	La experiencia del equipo de proyecto
23	Organización del proyecto previsto
24	Variación del proyecto
25	Duración inadecuada del proyecto
26	Retardo en el programa
27	El mal control financiero en el sitio
28	Viabilidad de llevar a cabo el diseño
29	Órdenes de variación
30	La calidad del diseño y especificaciones
31	Cambios de última hora para el diseño
32	Adecuada gestión de la fuerza de trabajo

33	Capacidad financiera
34	Inadecuada comunicación dentro de la organización
35	Técnica de control de costos (exactitud y fiabilidad)
36	Productividad (efectos de gestión, organización, trabajo, tecnología)
37	Los accidentes en los sitios de trabajo
38	Complejidad del proyecto
39	No se puede proporcionar información, tomar decisiones, o tomar acciones de manera oportuna.
40	La información proporcionada por el propietario es incompleta o incorrecta
41	Prácticas fraudulentas, sobornos y corrupción
42	La ausencia de datos de costos del proyecto
43	Método incorrecto de la estimación de costos
44	Estimación de costos inexacta
45	El acortamiento de período del proyecto
46	Dificultades inesperadas en el flujo de caja se producen
47	Fuerza mayor

Anexo 3. Entrevista 1

Fecha:

D	M	A
---	---	---

ENTREVISTA 1

Nombre: _____

Cargo: _____

Tiempo de experiencia: _____

1. Lea la lista de riesgos de programa (Tabla 1).
2. Señale con una X en la columna R/1 derecha de la tabla 1 cuales riesgos NO aplican al caso estudio.
3. Hay riesgos propios del caso estudio que no están incluidos en la lista. ¿Cuáles son?
4. Repita el anterior procedimiento para la lista de riesgos de presupuesto (Tabla 2).

Clasificación ABC

5. Lea la categoría A de riesgos de programa (Tabla 1).
6. ¿Considera que hay riesgos en la categoría A que deberían estar en la B o C? Marque en la columna derecha R/6 de la tabla 1 la letra de la categoría a la cual considera que pertenece.
7. Repita el mismo procedimiento para las categorías B y C de riesgos.
8. Ubique los riesgos añadidos en el literal 3 en una de las categorías (A, B o C).
9. Repita el anterior procedimiento para la clasificación de riesgos de presupuesto (Tabla 2).

Tabla1. Factores de riesgo de programa.

Factores de riesgo programa	Clase	R/ 1	R/ 6
La escasez de material	A		
Reprocesos debido a errores durante la producción			
La escasez de trabajadores			
Condiciones climáticas inapropiadas			
Variaciones de diseño			
Los retrasos en la inspección y pruebas de trabajo			
Tomas de decisiones lentas			
La falta de coordinación y comunicación entre los participantes			

del proyecto		
El retraso en la aprobación del diseño		
Escasez de equipo y disponibilidad		
Averías frecuentes de planta y equipo de producción		
Programación del programa inadecuado		
El retraso en la entrega de material		
Problemas de calidad de suministros o materiales		
La productividad laboral		
Los cambios en las regulaciones del gobierno y leyes		
Los cambios en los tipos de materiales y especificaciones durante la producción		
Conflictos laborales y huelgas		
Mano de obra no calificada	B	
Los conflictos personales entre la mano de obra		
Revisión y aprobación de los documentos a última hora		
Las dificultades financieras		
Accidentes durante la producción		
Procedimientos de control inadecuados		
Pérdida de tiempo debido a la intervención inadecuada y excesiva de clientes		
Inflación y cambios repentinos de los precios		
Daños en los materiales pedidos cuando son necesitados urgentemente		
Retraso debido a los procedimientos de aprobación excesivos		
La complejidad del diseño del proyecto		
Detalles poco claros e inadecuadas en dibujos		
Retraso en la aprobación de cambios importantes		
Los errores y las discrepancias en los documentos de diseño		
Retraso en el desarrollo de la producción por inconsistencias o falta de claridad en los diseños	C	
Diseño defectuoso realizado por los diseñadores		
La baja productividad y eficiencia de los equipos		
Equipo inadecuado		
Las variaciones por parte del cliente		
Proveedores no confiables		
Tarde adquisición de materiales		
La producción inadecuada de la materia prima en el país		
El trabajo adicional		
Baja motivación y la moral de los trabajadores		

Proceso de supervisión deficiente		
Variaciones del programa de producción		
Retraso en el programa debido a retrasos en el pago		
Falta de comprensión de las necesidades de los clientes		
Los retrasos en la producción de documentos de diseño		
Las políticas gubernamentales inadecuadas		
Los robos a cabo en el sitio		
La duración del contrato original es demasiado corta		
Lentitud en el proceso de decisión por el cliente		

Respuesta 3

Tabla 2. Factores de riesgo presupuesto

Factores de riesgo presupuesto	Clase	R/ 1	R/ 6
Disponibilidad de materiales	A		
La inflación			
Cambios de última hora para el diseño			
Los costes laborales / disponibilidad / alimentación / rendimiento / productividad			
Las regulaciones gubernamentales / políticas			
Retardo en el programa			
Fluctuación de los precios de las materias primas	B		
Estimación de costos inexacta			
Alto costo de maquinarias			
Los altos costos de mantenimiento maquinarias			
Los altos costos de transporte			
Variación del proyecto			
Órdenes de variación y obras complementarias (magnitud, tiempo, nivel de interferencia)			
Adecuada gestión de la fuerza de trabajo			

Inadecuada comunicación dentro de la organización		
Complejidad del proyecto		
Alto costo de los trabajos cualificados		
El trabajo adicional		
Condiciones del mercado		
Capacidad financiera del cliente		
Tipo de cliente		
La experiencia del equipo de proyecto		
El mal control financiero en el sitio		
Viabilidad de llevar a cabo el diseño		
Productividad (efectos de gestión, organización, trabajo, tecnología)		
No se puede proporcionar información, tomar decisiones, o tomar acciones de manera oportuna.		
Prácticas fraudulentas, sobornos y corrupción		
La ausencia de datos de costos del proyecto		
Método incorrecto de la estimación de costos		
Dificultades inesperadas en el flujo de caja se producen		
Carga de trabajo actual		
Planificación de la capacidad y el nivel de utilización de los recursos	C	
Huelgas		
Dificultades suministro de maquinaria		
Requisitos del cliente sobre la calidad		
Las relaciones de trabajo con los clientes		
La inspección, prueba y aprobación del proyecto		
El trabajo que debería haber sido incluido en el alcance original se omite por el propietario.		
Organización del proyecto previsto		
Duración inadecuada del proyecto		
La calidad del diseño y especificaciones		
Capacidad financiera		
Técnica de control de costos (exactitud y fiabilidad)		
Los accidentes en los sitios de trabajo		
La información proporcionada por el propietario es incompleta o incorrecta		
El acortamiento de período del proyecto		
Fuerza mayor		

Respuesta 3:

Respuesta 8: Riesgos de programa

Clase A	Clase B	Clase C

Respuesta 8: Riesgos de presupuesto

Clase A	Clase B	Clase C

Anexo 4. Entrevista 2

Fecha:

D	M	A
---	---	---

ENTREVISTA 2

Nombre: _____

Cargo: _____

Tiempo de experiencia: _____

Con base en las siguientes escalas de calificación, le solicito responder las preguntas 1 a 3.

PROBABILIDAD	CALIFICACIÓN
Es muy probable que ocurra	5
Probablemente ocurra	4
Probabilidad media de ocurrencia	3
Probablemente no ocurra	2
Muy improbable que ocurra	1

IMPACTO COSTO	IMPACTO TIEMPO	CALIFICACIÓN
El costo total del proyecto aumenta en gran medida	El tiempo del proyecto aumenta en gran medida	5
El costo total del proyecto aumenta considerablemente	El tiempo del proyecto aumenta considerablemente	4
El costo total del proyecto aumenta moderadamente	El tiempo del proyecto aumenta moderadamente	3
El costo total del proyecto aumenta	El tiempo del proyecto aumenta	2
El impacto es inapreciable	El impacto es inapreciable	1

DETECCIÓN	CALIFICACIÓN
No se puede detectar el riesgo ni anticiparlo con un plan de contingencia	5
Difícilmente se puede detectar el riesgo	4
Se puede detectar el riesgo de manera media	3
Se puede detectar el riesgo de manera moderada	2
Se puede detectar el riesgo	1

1. ¿Cuál es la probabilidad de que el factor de riesgo de programa descrito en la Tabla X ocurra?
2. ¿Cuál es el impacto en tiempo si el evento descrito en la Tabla X se presenta?
3. ¿Cuál es la posibilidad de detectar el evento descrito en la Tabla X?
4. Repita el anterior procedimiento para la lista de factores de riesgo de presupuesto Tabla Y.

Anexo 5. Riesgos de programa después de juicio expertos

ID	Riesgos programa
1	La escasez del material
2	Reprocesos debido a errores
3	La escasez de trabajadores
4	Condiciones climáticas inapropiadas
5	Retrasos en la inspección y pruebas de trabajo
6	La falta de comunicación y coordinación entre los participantes del proyecto
7	Escasez de equipo y disponibilidad
8	Averías frecuentes de planta y equipo de producción
9	Programación del programa inadecuado
10	Retraso en la entrega de material
11	Problemas de calidad de suministros o materiales
12	Baja productividad laboral
15	Mano de obra no calificada
16	Las dificultades financieras
17	Pérdida de tiempo debido a la intervención inadecuada y excesiva de clientes
19	Las variaciones por parte del cliente
20	Proveedores no confiables
21	Tarde adquisición del material
22	El trabajo adicional
23	Variaciones del programa de producción
24	Retraso en el programa debido a retrasos en el pago
27	Toma de decisiones lenta
28	El retraso en la aprobación del diseño
29	Revisión y aprobación de los documentos a última hora
30	Accidentes durante la producción
31	Procedimientos de control inadecuados
32	Inflación y cambio repentino en los precios
33	La complejidad del diseño del proyecto
34	La baja productividad y eficiencia de los equipos
36	La producción inadecuada de la materia prima en el país
37	Falta de comprensión de las necesidades de los clientes

Anexo 6. Riesgos de presupuesto después de juicio expertos

ID	Riesgos presupuesto
3	Ordenes de variación y obras complementarias (magnitud, tiempo, nivel de utilización)
5	Complejidad del proyecto
6	Alto costo de los trabajos cualificados
9	Viabilidad de llevar a cabo el diseño
10	No se puede proporcionar información, tomar decisiones, o tomar acciones de manera oportuna
11	La ausencia de datos de costos del proyecto
12	Método incorrecto de la estimación de costos
13	Carga de trabajo actual
14	Dificultades suministro de maquinaria
16	la inspección, prueba y aprobación del proyecto
17	El trabajo que debería haber sido incluido en el alcance original se omite
18	Los accidentes en los sitios de trabajo
20	El acortamiento del período del proyecto
21	Disponibilidad de materiales
22	La inflación
23	Cambios de última hora para el diseño
24	Los costos laborales/ disponibilidad/alimentación/rendimiento/productividad
25	Retardo en el programa
26	Fluctuación de los precios de las materias primas
27	Estimación de costos inexacta
28	Los altos costos de transporte
30	Inadecuada comunicación dentro de la organización
32	El trabajo adicional
33	Capacidad financiera del cliente
34	La experiencia del equipo del proyecto
35	El mal control financiero en el sitio
36	Productividad (Efectos de gestión, organización, trabajo, tecnología)
37	Planificación inadecuada de la capacidad y el nivel de utilización de los recursos
38	Las relaciones de trabajo con el cliente

39	Organización defectuosa del proyecto
40	Duración inadecuada del proyecto
41	La calidad del diseño y especificaciones
42	Capacidad financiera
43	Técnica de control de costos (exactitud y fiabilidad)
44	Fuerza mayor
45	Dificultades inesperadas en el flujo de caja de producen

Anexo 7. Riesgos de programa – Categorías A y B

ID	Riesgos de programa
1	La escasez del material
2	Reprocesos debido a errores
3	La escasez de trabajadores
4	La falta de comunicación y coordinación entre los participantes del proyecto
5	Escasez de equipo y disponibilidad
6	Programación del programa inadecuado
7	Retraso en la entrega de material
8	Problemas de calidad de suministros o materiales
9	Baja productividad laboral
10	Las dificultades financieras
11	Toma de decisiones lenta
12	El retraso en la aprobación del diseño
13	Revisión y aprobación de los documentos a última hora
14	Accidentes durante la producción
15	Retrasos en la inspección y pruebas de trabajo
16	Mano de obra no calificada
17	Pérdida de tiempo debido a la intervención inadecuada y excesiva de clientes
18	Proveedores no confiables
19	Tarde adquisición del material
20	El trabajo adicional
21	Procedimientos de control inadecuados
22	Inflación y cambio repentino en los precios
23	La producción inadecuada de la materia prima en el país
24	Condiciones climáticas inapropiadas

Anexo 8. Riesgos de presupuesto – Categorías A y B

ID	Riesgos de presupuesto
1	Ordenes de variación y obras complementarias (magnitud, tiempo, nivel de utilización)
2	La ausencia de datos de costos del proyecto
3	Método incorrecto de la estimación de costos
4	Disponibilidad de materiales
5	La inflación
6	Cambios de última hora para el diseño
7	Los costos laborales/ disponibilidad/alimentación/rendimiento/productividad
8	Retardo en el programa
9	Fluctuación de los precios de las materias primas
10	Estimación de costos inexacta
11	Los altos costos de transporte
12	Capacidad financiera del cliente
13	El mal control financiero en el sitio
14	Planificación inadecuada de la capacidad y el nivel de utilización de los recursos
15	Duración inadecuada del proyecto
16	Capacidad financiera
17	Técnica de control de costos (exactitud y fiabilidad)
18	Dificultades inesperadas en el flujo de caja de producen
19	Alto costo de los trabajos cualificados
20	La calidad del diseño y especificaciones

Anexo 9. Resultados RFMEA – riesgos de programa (aplicado al caso estudio)

Experto 1				Experto 2				Experto 3				Promedio			
ID	Probabilidad	Impacto	Detección	ID	Probabilidad	Impacto	Detección	ID	Probabilidad	Impacto	Detección	ID	Probabilidad	Impacto	Detección
1	5	5	1	1	4	4	3	1	2	2	1	1	4	4	2
2	4	4	5	2	3	5	2	2	4	2	3	2	4	4	3
3	4	5	5	3	1	3	2	3	2	3	2	3	2	4	3
4	3	5	1	4	5	4	1	4	2	5	2	4	3	5	1
5	2	5	1	5	4	2	5	5	2	2	1	5	3	3	2
6	2	5	5	6	3	3	5	6	2	3	4	6	2	4	5
7	5	4	5	7	2	4	4	7	2	5	2	7	3	4	4
8	2	4	4	8	3	4	3	8	4	4	4	8	3	4	4
9	5	5	1	9	1	5	1	9	2	2	2	9	3	4	1
10	5	5	1	10	4	2	3	10	3	2	4	10	4	3	3
11	4	5	1	11	3	3	4	11	4	2	1	11	4	3	2
12	4	5	5	12	3	4	2	12	3	4	2	12	3	4	3
13	4	5	4	13	2	2	1	13	2	4	3	13	3	4	3
14	4	4	5	14	2	5	3	14	2	5	5	14	3	5	4
15	4	5	5	15	3	4	3	15	2	5	5	15	3	5	4
16	2	5	1	16	1	1	4	16	2	5	5	16	2	4	3
17	4	5	1	17	3	3	2	17	1	2	2	17	3	3	2
18	2	5	1	18	2	4	2	18	3	5	5	18	2	5	3
19	4	5	1	19	4	5	4	19	2	5	4	19	3	5	3
20	4	2	5	20	3	4	4	20	5	4	2	20	4	3	4
21	4	5	1	21	3	1	4	21	2	2	3	21	3	3	3
22	5	4	5	22	3	3	3	22	2	5	1	22	3	4	3
23	4	2	1	23	1	4	4	23	2	2	3	23	2	3	3
24	5	5	5	24	3	5	3	24	2	4	3	24	3	5	4

Anexo 10.Resultados RFMEA – riesgos de presupuesto (aplicado al caso estudio)

Experto 1				Experto 2				Experto 3				Promedio			
ID	Probabilidad	Impacto	Detección	ID	Probabilidad	Impacto	Detección	ID	Probabilidad	Impacto	Detección	ID	Probabilidad	Impacto	Detección
1	5	5	5	1	3	1	3	1	2	2	2	1	3	3	3
2	2	2	5	2	4	3	4	2	2	5	5	2	3	3	5
3	4	5	5	3	2	3	1	3	2	4	3	3	3	4	3
4	4	3	1	4	2	4	1	4	4	2	1	4	3	3	1
5	5	5	1	5	3	4	3	5	5	4	3	5	4	4	2
6	4	5	1	6	1	5	4	6	3	5	1	6	3	5	2
7	4	4	5	7	3	3	4	7	3	5	3	7	3	4	4
8	5	5	5	8	5	3	1	8	3	5	3	8	4	4	3
9	5	4	5	9	3	3	2	9	3	3	4	9	4	3	4
10	4	5	1	10	4	4	2	10	2	4	3	10	3	4	2
11	2	5	5	11	4	2	3	11	5	2	1	11	4	3	3
12	5	5	5	12	3	2	3	12	5	2	1	12	4	3	3
13	5	5	1	13	2	3	3	13	4	5	2	13	4	4	2
14	4	4	4	14	3	2	2	14	5	2	5	14	4	3	4
15	4	5	5	15	2	1	3	15	3	1	2	15	3	2	3
16	5	5	1	16	3	1	3	16	4	2	2	16	4	3	2
17	4	2	5	17	4	2	1	17	5	2	4	17	4	2	3
18	5	5	5	18	2	2	3	18	3	3	2	18	3	3	3
19	4	4	4	19	3	3	1	19	3	5	2	19	3	4	2
20	3	2	1	20	2	4	5	20	2	3	1	20	2	3	2
21	1	1	1	21	1	1	1	21	1	1	1	21	1	1	1