



ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS EN LA EJECUCIÓN DE OBRAS DE
CIMENTACION EN PROYECTOS PARA EDIFICACIONES EN BOGOTA D.C.

NATALY JOHANA SANCHEZ ROJAS

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS
BOGOTÁ D.C
2.021

ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS EN LA EJECUCIÓN DE OBRAS DE
CIMENTACION EN PROYECTOS PARA EDIFICACIONES EN BOGOTA D.C.

NATALY JOHANA SANCHEZ ROJAS

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE OBRAS

DOCENTE

MARIO ROLANDO BONILLA CORREA

INGENIERO CIVIL, MSC, PMP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS

BOGOTÁ D.C

2.021



Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#). [Advertencia](#).

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	8
1. GENERALIDADES	9
1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	9
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.2.1 Antecedentes del problema	10
1.2.2 Pregunta de investigación	11
1.2.3 Variables del problema	11
1.3 JUSTIFICACIÓN	11
2. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GENERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. MARCOS DE REFERENCIA	14
3.1 MARCO TEÓRICO	14
3.1.1 Gerencia de proyectos	14
3.1.2 Planificar la Gestión de los Riesgos	15
3.1.3 Identificación de los riesgos	16
3.1.4 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos	17
3.1.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos	18
3.1.6 Proyectos de cimentaciones	20
3.2 MARCO GEOGRÁFICO	21
3.3 MARCO JURIDICO	21

3.4	ESTADO DEL ARTE	22
4.	METODOLOGÍA	27
4.1	FASES DEL TRABAJO DE GRADO	27
4.2	INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS	28
4.3	POBLACIÓN Y MUESTRA	29
4.4	ALCANCES Y LIMITACIONES	29
5.	PRODUCTOS A ENTREGAR	30
6.	ENTREGA DE RESULTADOS E IMPACTOS	31
6.1	DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO	31
6.2	ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS RIESGOS	31
6.2.1	Plan de gestión de los riesgos	31
6.2.2	Riesgo técnico	32
6.2.3	Riesgo de Gestión	36
6.2.4	Riesgo Comercial	38
6.2.5	Riesgo Externo	39
6.3	ESTRUCTURA DESGLOSE DE LOS RIESGOS	40
6.4	ENCUESTA	40
6.5	RESULTADOS Y ANÁLISIS	42
6.6	MATRIZ DE PROBABILIDAD - IMPACTO	58
6.7	CHECKLIST DE RIESGOS Y SU EFECTO	61
6.8	PLANIFICAR LA RESPUESTA A LOS RIESGOS	62
6.9	RESPUESTA A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	65
7.	NUEVAS AREAS DE ESTUDIO	66
8.	CONCLUSIONES	67

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Representación genérica del ciclo de vida de un proyecto	14
Ilustración 2. Planificar la Gestión de los riesgos.....	15
Ilustración 3. Matriz Probabilidad – Impacto con Esquema de Puntuación (Ejemplo)	16
Ilustración 4. Identificación de los riesgos.....	17
Ilustración 5. Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos.....	18
Ilustración 6. Planificar la Respuesta a los Riesgos.....	19
Ilustración 7. Estrategias para las amenazas.....	19
Ilustración 8. Estrategias para las oportunidades	20
Ilustración 9. Mapa de Bogotá D.C.	22
Ilustración 10. Entregables	30
Ilustración 11. Porcentaje de tiempo sin producción Piloteadora.....	35
Ilustración 12. Porcentaje de tiempo sin producción grúa.....	35
Ilustración 13. Porcentaje de tiempo sin producción Excavadora.....	36
Ilustración 14. Recurso Humano.....	36
Ilustración 15. Triple Restricción	37
Ilustración 16. Falta de personal.....	38
Ilustración 17. Participación en proyectos de cimentación.....	43
Ilustración 18. Conocimiento de una matriz de riesgo	44
Ilustración 19. Diseño, alcance y diseños	45
Ilustración 20. Diseño, divulgación de modificaciones y normativa.....	46
Ilustración 21. Planeación, Distribución de los recursos y programación	47
Ilustración 22. Planeación, Asignación de roles y gestión	48
Ilustración 23. Construcción, estado del clima, retrasos	49
Ilustración 24. Construcción, falta de recursos, otro sí.....	50
Ilustración 25. Construcción, diferencias con estudio de suelos, polímero	51
Ilustración 26. Seguridad, accidentes laborales, capacitaciones	52
Ilustración 27. Seguridad, elementos de protección, conflictos	53
Ilustración 28. Entrega, plazos estipulados, descuentos	54
Ilustración 29. Riesgo más presente.....	55
Ilustración 30. Gestión de los riesgos	56
Ilustración 31. Correcta gestión de los riesgos	57
Ilustración 32. Matriz de riesgos	58
Ilustración 33. Convenciones de la matriz de riesgo.....	58

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables del problema	11
Tabla 2. Descripción contrato	31
Tabla 3. Estudio de suelos.....	32
Tabla 4. Equipo y herramienta	34
Tabla 5. Estructura de desglose de los riesgos	40
Tabla 6. Preguntas referentes a escenarios de riesgo.....	41
Tabla 7. Preguntas referentes a la percepción	42
Tabla 8. Análisis cualitativo y acciones de respuesta	59
Tabla 9. Checklist de riesgos	61
Tabla 10. Respuesta a los escenarios de riesgo	62

INTRODUCCIÓN

Para las empresas constructoras de obras de cimentación no es fácil medir los riesgos de ejecución de un proyecto (financiera y técnicamente), debido a la alta incertidumbre generada por no poder observar lo que está sucediendo bajo la superficie del terreno, esto puede conllevar a sobrecostos y/o atrasos en el cronograma, donde alguna de las partes involucradas, ya sea el cliente o el contratista deberán asumir, por tal razón es necesario fomentar las buenas prácticas en la gestión de los riesgos en este tipo de proyectos.

Para catalogar un proyecto como exitoso, es fundamental lograr una correcta gestión del riesgo, en la cual se identifiquen los riesgos tanto negativos, como positivos, los cuales se podrían presentar a lo largo de la ejecución de cada proyecto.

“La evaluación de riesgos permite la identificación de factores de riesgo, su valoración y priorización, a partir de los cuales se establecen mecanismos de control de riesgos. La intención de la evaluación de riesgos es establecer si el nivel de riesgo de las actividades laborales es aceptable o de lo contrario, se deben tomar medidas para controlar y reducir el riesgo” (1)

En la actualidad las empresas constructoras no dedican especial atención, a la apropiada gestión de los riesgos que se pueden enfrentar durante la ejecución de cada obra, lo cual puede conllevar a exceder los costos planteados en el presupuesto y/o a sufrir atrasos en el cronograma.

Este trabajo de investigación está dirigido a la realización de análisis cualitativo de los riesgos en la construcción de cimentaciones para edificaciones teniendo como base los lineamientos del PMBOK sexta edición, en el cual se pretende determinar los riesgos a los que se puede estar expuesto en este tipo de obras.

1. GENERALIDADES

1.1 Línea de Investigación

De acuerdo a lo planteado en este documento, la línea de investigación es “Gestión integral y dinámica de las organizaciones” ya que la finalidad es presentar información sobre los riesgos más probables que pueden suceder durante la ejecución de una obra de cimentación.

1.2 Planteamiento del Problema

Los proyectos de construcción de gran escala tienen una alta complejidad debido a los múltiples riesgos a los cuales se exponen, haciendo que muy pocos de ellos terminen dentro de costo y plazo programados en sus objetivos iniciales. (2)

Como se menciona en el artículo “Identificación de causas de riesgo en la gestión de grandes proyectos de construcción en España” (2), la gestión del riesgo, no solo incluye la identificación de los riesgos, sino que también es vital conocer sus causas, ya que así se podría determinar qué tan vulnerable es el proyecto ante los riesgos y así implementar medidas preventivas.

“En Colombia, muchas construcciones se realizan con una deficiente planeación, que en la mayoría de los casos ocasiona sobrecostos y retrasos en la programación; para disminuir estos inconvenientes se han estudiado metodologías enfocadas a mejorar los procesos de planeación y seguimiento de una manera efectiva, que ofrezcan herramientas que hagan más sencilla la toma de decisiones, mitiguen riesgos, disminuyan tiempos de ejecución y reduzcan costos” (3)

“Al intentar gestionar el riesgo, los investigadores encuentran un problema fundamental: el concepto de riesgo, las evaluaciones de riesgos y la gestión del riesgo no están aún lo suficientemente desarrollados para abordar muchos retos. Así, el concepto de riesgo puede variar según el tipo de peligro e incluso según la naturaleza del mismo y según los valores culturales” (4)

A la hora de empezar a planificar la ejecución de una obra, las organizaciones se enfocan principalmente en los costos y los tiempos del mismo, dejando de un lado los riesgos, los cuales por experiencia se ha aprendido que son determinantes en el éxito de un proyecto.

“En los últimos años se llevaron a cabo proyectos que terminaron costando más del doble de lo presupuestado, abrieron un par de años más tarde de lo previsto, no cumplieron con los objetivos esperados o terminaron con resultados negativos,

entre otras cosas” (5)

Los proyectos de construcción se enfrentan a diferentes variables de riesgo que abarcan desde la concepción financiera del proyecto, déficit en el recurso humano, mala comunicación interna, una incorrecta gerencia, dificultades con las normativas, entre muchos otros riesgos.

1.2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Cuando se habla de riesgos en los proyectos, que pueden ser positivos o negativos, no siempre se tiene claro este concepto, lo cual contribuye a la dificultad de poder gestionarlos, por esto a continuación se presenta la definición de este concepto: De acuerdo a la guía del PMBOK sexta edición, el riesgo general del proyecto se define como el efecto de la incertidumbre sobre el proyecto, el cual proviene de las distintas fuentes de incertidumbre incluyendo los riesgos individuales, incluyendo la exposición de los interesados a los desacuerdos de las desviaciones en el resultado del proyecto, pudiendo ser estos positivos como negativos. (6, p. 724)

Los proyectos de construcción se desarrollan en un entorno de una incertidumbre importante ya que es muy difícil controlar algunas variables internas y externas que afectan la realización de los mismos en tiempo y costo. (7, p.187)

En la actualidad numerosos proyectos no se desarrollan exitosamente en el marco del costo y plazo pactado inicialmente. Una de las múltiples causas por las cuales se producen estos retrasos y sobrecostos en los proyectos es debido a la poca prevención de los riesgos a lo largo de la etapa de planeación de cada proyecto. (7, p.187)

Para este trabajo de investigación se propone la descripción cualitativa de los riesgos en la construcción de obras de cimentación, que servirán para fomentar una correcta gestión de los riesgos, en las empresas dedicadas a ejecutar este tipo de obras, buscando la mejoría en sus procesos internos que conlleven a tener como resultado, mejor aprovechamiento de los recursos, cumplimiento del cronograma y un correcto manejo del presupuesto; adicional poder incrementar la eficacia de los riesgos positivos y disminuir el efecto de los riesgos negativos.

1.2.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los riesgos más comunes que se pueden presentar y cómo analizarlos cualitativamente, en la construcción de una obra específica, de cimentación profunda para edificaciones en Bogotá DC?

1.2.3 VARIABLES DEL PROBLEMA

De acuerdo a la naturaleza del proyecto, se presentan a continuación las variables que aplican para el desarrollo del mismo (*tabla 1*)

Tabla 1. Variables del problema

VARIABLE	DESCRIPCION	INDICADORES
INDEPENDIENTE	Instrumento que fomenta el uso de las buenas practicas durante la ejecución de la obra de cimentación.	Dar cumplimiento a la matriz de riesgos.
Gestión de riesgos en la construcción de obras de cimentación		
DEPENDIENTE	Falta de conocimiento en la gestión de riesgos y su debido tratamiento en caso de ocurrencia de los mismos.	Entendimiento de cada uno de los indicadores de la matriz de riesgo.
Conocimiento en la gestión de los riesgos		

Fuente Elaboración propia

1.3 JUSTIFICACIÓN

“La cimentación es la parte de la estructura que transmite las cargas al suelo. Los cimientos se clasifican en superficiales y profundos, que tienen importantes diferencias: en términos de geometría, el comportamiento del suelo, su funcionalidad estructural y sus sistemas constructivos” (16)

Durante la construcción de estos elementos de cimentación se pueden presentar afectaciones por inconvenientes relacionados con: los diferentes tipos de terreno (relieve, topografía, entre otros), daños en la maquinaria con la que se trabaja, tipos de materiales (suelos, rocas), entre otras variables, que a término de ejecución de

obra se pueden ver representados en sobre costos y alargamiento de tiempos de ejecución.

Los proyectos tienen como objetivo ofrecer beneficios y por su condición de ser emprendimientos únicos y al presentarse en distintos grados de complejidad, son todos riesgosos. En camino de dar cumplimiento a los beneficios, los proyectos se desarrollan dentro de unos parámetros restrictivos y supuestos que deben cumplir también con las expectativas de los interesados, pudiendo ser estas contradictorias y cambiantes.

Las organizaciones tienen que enfrentar los riesgos de sus proyectos de forma controlada y de carácter intencional, permitiendo así lograr un equilibrio entre la recompensa y el riesgo de los mismos. (6, p. 397)

Este trabajo de investigación se orienta a la identificación de los riesgos a los que se enfrentan las obras de cimentación durante su construcción, para lograr detectar como las empresas los pueden gestionar y como podrían implementar un esquema de buenas prácticas que se vea reflejado en el éxito de sus proyectos.

Este trabajo de investigación podrá servir de guía para que las empresas constructoras de obras de cimentación puedan evaluar todas las variables posibles, que puedan representar riesgos, que, de hacerse presentes durante la ejecución de una obra, se puedan gestionar para dar respuesta y controlar los mismos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar cualitativamente los riesgos, implementando los lineamientos de la guía PMBOK, durante la ejecución de una obra de cimentación para una edificación vertical, ubicada en la ciudad de Bogotá D.C.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las categorías y escenarios de riesgo que pueden estar presentes durante la construcción de la obra de cimentación en estudio.
- Estructurar un diagnóstico de evaluación de los riesgos más probables para la obra escogida.
- Realizar encuesta a los involucrados en la etapa de ejecución de la obra de cimentación
- Realizar el análisis cualitativo de los riesgos para la obra de cimentación del caso de estudio, según los lineamientos de la guía PMBOK.
- Elaborar un plan de manejo para hacer frente a los escenarios de riesgo y así darles una correcta respuesta.

3. MARCOS DE REFERENCIA

3.1 MARCO TEÓRICO

En el siguiente apartado se presentan definiciones y procesos relacionados con la gerencia de proyectos y gestión de los riesgos propuestos en la guía PMBOK sexta edición, siendo estos los implementados para el desarrollo de este trabajo de investigación; así mismo se abordarán conceptos relacionados con los proyectos de cimentaciones.

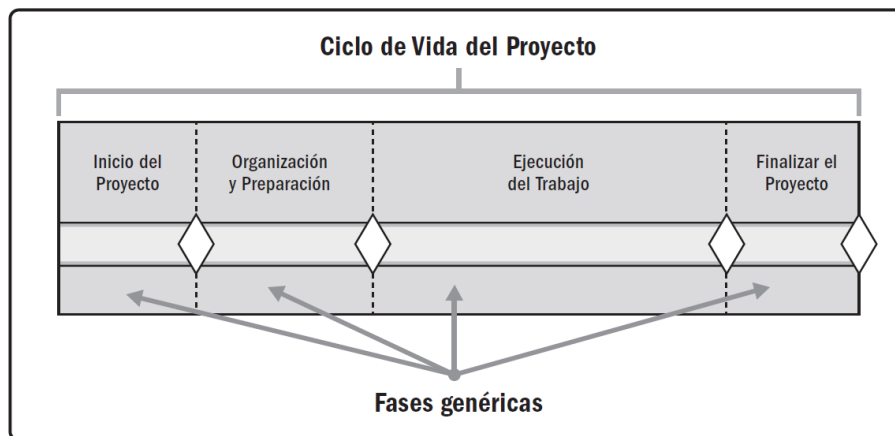
3.1.1 Gerencia de proyectos

Según la guía PMBOK, “los fundamentos para la dirección de proyectos incluyen prácticas tradicionales comprobadas y ampliamente utilizadas, así como prácticas innovadoras emergentes para la profesión” (6, p.1)

Pero para llevar a cabo una correcta gerencia de los proyectos, se debe entender que un proyecto constituye una cantidad de esfuerzos temporales los cuales se realizan para originar un producto, prestar un servicio u obtener un resultado único (6, p.4); el cual tiene un ciclo de vida único, comprendido entre un inicio y una finalización, siendo este una referencia básica de lo que significa dirigir un proyecto.

En la ilustración 1 se observa el ciclo de vida de un proyecto, el cual está representado genéricamente.

Ilustración 1. Representación genérica del ciclo de vida de un proyecto



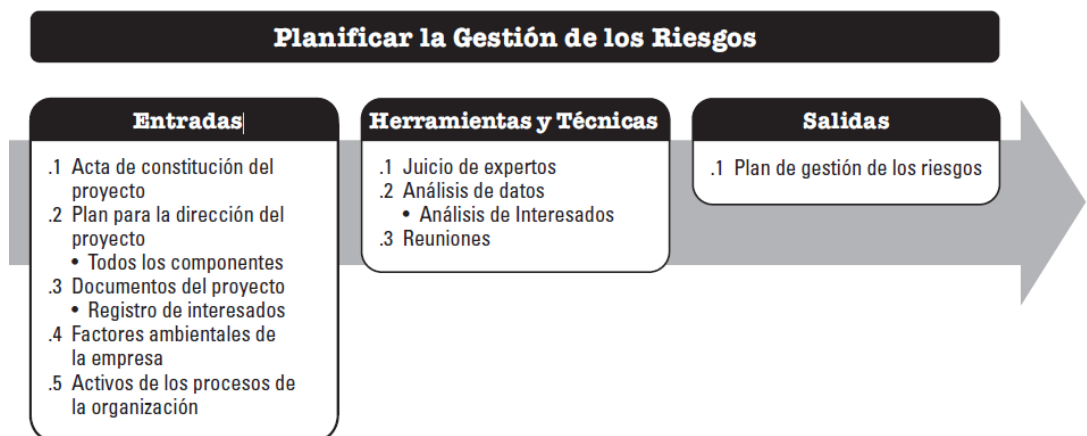
Fuente PMBOK sexta edición (2, p. 548)

A continuación, se abordarán los principales procesos involucrados en la gestión de riesgos, los cuales nos permitirán llevar a cabo una correcta planificación, identificación, análisis y respuesta de los riesgos:

3.1.2 Planificar la Gestión de los Riesgos

Se define como el proceso de ejecutar las actividades de gestión de riesgos en un proyecto (6, p. 405). En la ilustración 2, se representa las entradas, herramientas y salidas de este proceso.

Ilustración 2. Planificar la Gestión de los riesgos



Fuente PMBOK sexta edición (2, p. 401)

Una de las técnicas para representar los datos es la Matriz de probabilidad e Impacto (*ilustración 3*), la cual permitirá visualizar cuales son los riesgos más significativos que pueden interferir en el proyecto.

Ilustración 3. Matriz Probabilidad – Impacto con Esquema de Puntuación (Ejemplo)

		Amenazas					Oportunidades						
Probabilidad	Muy alta 0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05	Muy alta 0,90	
	Alta 0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04	Alta 0,70	
	Mediana 0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03	Mediana 0,50	
	Baja 0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02	Baja 0,30	
	Muy baja 0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01	Muy baja 0,10	
		Muy bajo 0,05	Bajo 0,10	Moderado 0,20	Alto 0,40	Muy alto 0,80	Muy alto 0,80	Alto 0,40	Moderado 0,20	Bajo 0,10	Muy bajo 0,05		
		Impacto negativo					Impacto positivo						

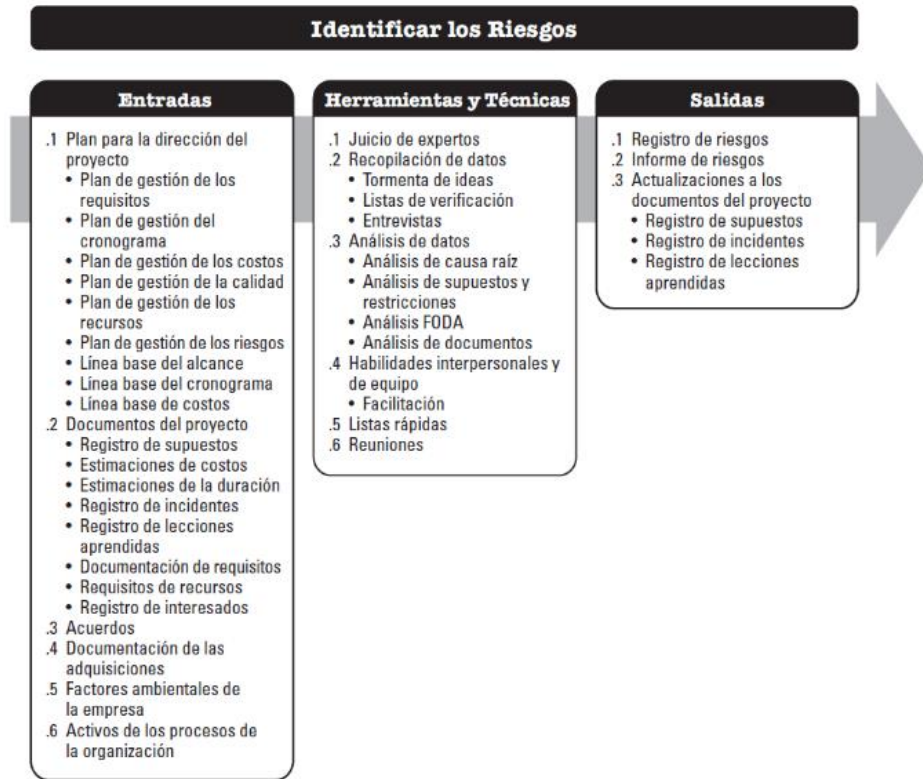
Fuente PMBOK sexta edición (2, p.408)

3.1.3 Identificación de los riesgos

Es la identificación de los riesgos individuales del proyecto, así como el origen de los riesgos generales del proyecto y evidenciar sus características (6, p.409). Tal como se muestra en la (ilustración 4), el proceso de identificar los riesgos según la guía PMBOK, tendrá como resultado obtener:

1. Registro de riesgos
2. Informe de riesgos
3. Actualización a los documentos del proyecto

Ilustración 4. Identificación de los riesgos



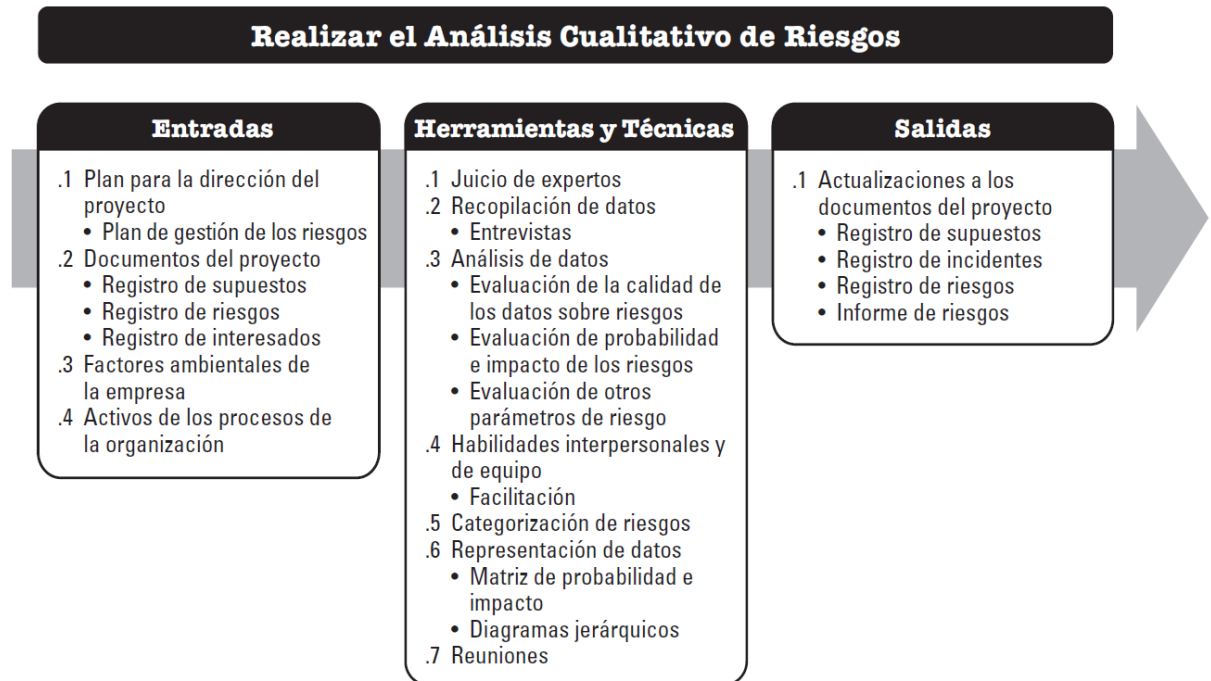
Fuente PMBOK sexta edición (2, p. 409)

3.1.4 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos

Consiste en realizar la categorización de los riesgos del proyecto para su tratamiento, así como la evaluación de probabilidad de ocurrencia, su impacto y otras características en dichos riesgos (6, p. 419)

Como se puede observar en la ilustración 5, la guía del PMBOK, sugiere la utilización de herramientas que permiten la categorización de los datos obtenidos, así como la implementación de la matriz de riesgo y diagramas jerárquicos para la representación de los datos.

Ilustración 5. Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos



Fuente PMBOK sexta edición (2, p. 419)

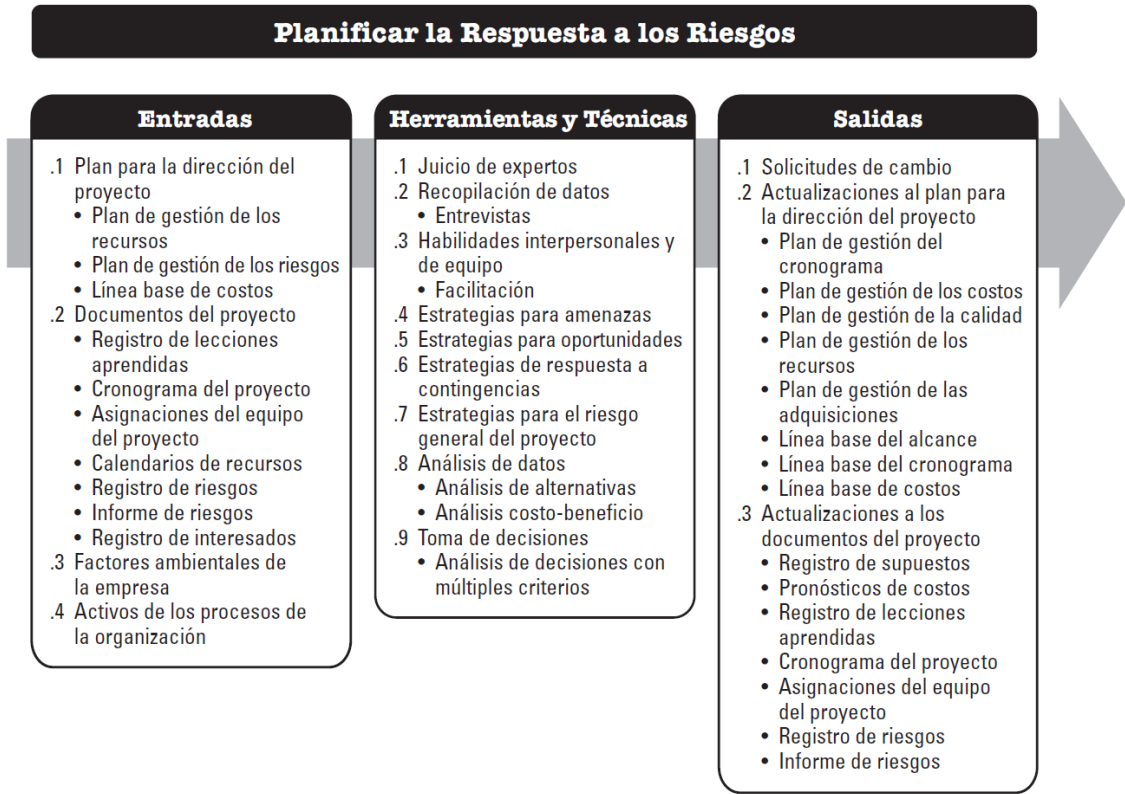
3.1.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos

Consiste en desarrollar opciones, estrategias y acciones para afrontar la manifestación general del riesgo del proyecto, así como para tratar los riesgos individuales del proyecto (6, p.437)

De acuerdo a lo plasmado en la ilustración 6, algunas de las herramientas empleadas para planificar la respuesta a los riesgos son:

1. Juicio de expertos
2. Recopilación de datos (entrevistas)
3. Estrategias para las amenazas (*ilustración 7*)
4. Estrategias para las oportunidades (*ilustración 8*)

Ilustración 6. Planificar la Respuesta a los Riesgos



Fuente PMBOK sexta edición (2, p. 437)

Ilustración 7. Estrategias para las amenazas



Fuente elaboración propia con base en la guía PMBOK

Ilustración 8. Estrategias para las oportunidades



Fuente elaboración propia con base en la guía PMBOK

3.1.6 Proyectos de cimentaciones

Los proyectos de construcción poseen particularidades en cuanto a materiales, tipo de estructura, funcionalidad, entre otros, lo cual los hace únicos. Aun así, independientemente del tipo de proyecto todos deben llevar a cabo la ejecución de la cimentación apropiada para soportar cada tipo de estructura. Bajo esta premisa, es fundamental conocer algunos conceptos relacionados con las cimentaciones.

- **CIMENTACION:** la cimentación de cualquier construcción es la parte que realiza la transmisión de las cargas de la estructura al terreno. Debido a que el terreno, generalmente, tiene una rigidez y una resistencia bastante inferior a la de la estructura, la cimentación tendrá un área en planta mucho más amplia a la suma del área de los pilotes y muros de carga. (9)
- **CIMENTACION SUPERFICIAL:** son aquellas las cuales poseen un Df (profundidad de desplante) menor o igual al ancho de la misma, Se les conoce como cimentaciones superficiales a aquellas cuya profundidad de desplante Df es menor o igual que el ancho de la misma, aunque también se pueden clasificar como cimentaciones superficiales aquellas con un Df menor o igual a tres o cuatro veces el ancho de la misma. Algunas de cimentaciones de este tipo son las zapatas aisladas, zapatas corridas y las losas de cimentación. (10)

- CIMENTACION PROFUNDA: Cuando se requiera una profundidad superior a 6-8m (donde no llega una retroexcavadora), entonces se debe realizar una cimentación profunda que precisa procedimientos de construcción especiales (11)

3.2 MARCO GEOGRÁFICO

El trabajo de investigación realizará su estudio en la ciudad de Bogotá D.C. (*ilustración 9*), ya que cuenta con una amplia demanda de proyectos de construcción de cimentación para edificaciones, entre los cuales se logra escoger el mejor proyecto para el desarrollo de la presente investigación.

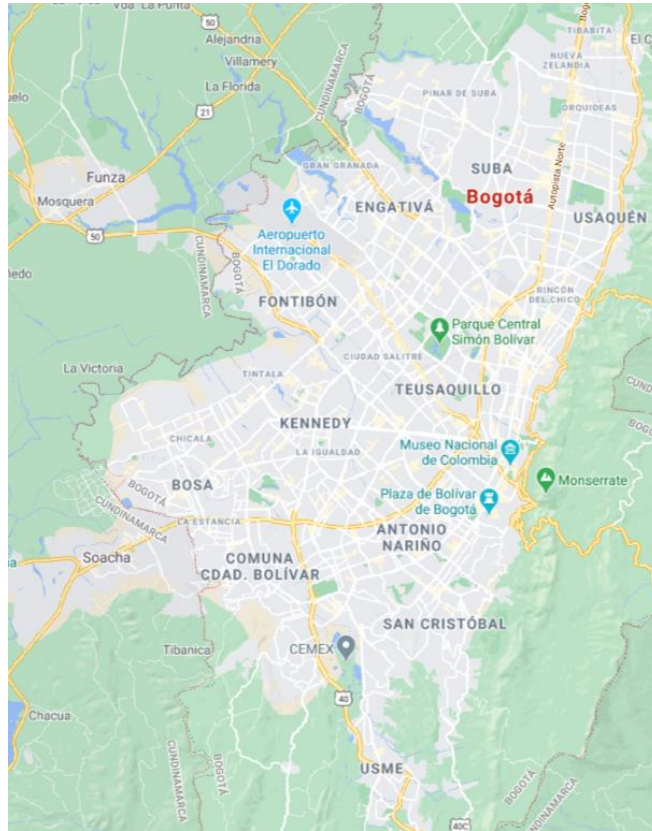
La capital de la Republica Colombiana está ubicada en el centro geográfico del país a unos 2.600m sobre el nivel del mar, al oriente de la sabana de Bogotá, siendo esta la altiplanicie más alta situada en la región andina del país. Posee un área total de 1.776km² y 307km² “Capital de la República de Colombia, se encuentra situada en el centro geográfico del territorio nacional a 2.600 metros sobre el nivel del mar, en el borde oriental de la Sabana de Bogotá, que es la altiplanicie más alta de los Andes colombianos. Tiene un área total de 1776 km² y un área urbana de 307 km². La ciudad capital es atravesada por el río que lleva su mismo nombre, de norte a sur, desembocando finalmente en la cascada llamada el Salto de Tequendama.

El clima frío de montaña de Bogotá se debe a su gran altitud, teniendo una temperatura promedio de 14°C y se presentan las temporadas secas y húmedas a lo largo del año. Enero, febrero, marzo y diciembre son los meses más secos y las lluvias se presentan durante los meses de abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre. Para los meses intermedios como son junio, julio y agosto se observan variaciones entre lluvia y sol. La diversidad de estas condiciones climáticas se debe a los cambios ocurridos en la cuenca del pacífico principalmente por los fenómenos de El niño y la Niña. (12)

3.3 MARCO JURIDICO

De acuerdo a la NSR10, capítulos *A.3-requisitos generales de diseño sismo resistente* y *A.7-interaccion suelo estructura*, se establecen las especificaciones técnicas y parámetros que se deben cumplir en la ejecución de las obras de cimentación de acuerdo a su función.

Ilustración 9. Mapa de Bogotá D.C.



Fuente Google Maps (13)

3.4 ESTADO DEL ARTE

Para el estado del arte del presente trabajo, se tuvo en cuenta proyectos de investigación realizados tanto a nivel nacional como internacional, que a continuación se describen.

- La actividad económica de la construcción debe manejar un sistema eficiente para controlar y/o eliminar los riesgos asociados a su gestión y operación (14)
- Evaluaciones de riesgos: desarrollo de la evaluación adecuada para su organización: ¿Cómo pueden los gerentes de proyecto evaluar los riesgos de hoy para que no se conviertan en problemas de mañana? (15)
Este artículo sugiere que, para cada proyecto, el gerente debe prestar especial atención a los riesgos sin esperar a que estos sucedan, se deben direccionar los esfuerzos para gestionar la incertidumbre activamente y esto se puede lograr mediante herramientas que caractericen el riesgo. Estas

herramientas son personalizadas y pueden ir desde las más básicas matrices, hasta las bases de datos más elaboradas, que funcionan mediante algoritmos complejos.

- Evolución de la cultura de la gestión de riesgos en el entorno empresarial colombiano: en este artículo se indaga la gestión del riesgo desde la perspectiva empresarial colombiana y su cultura alrededor de este conocimiento. Este artículo explorará la gestión de riesgos en el entorno empresarial colombiano y la cultura en torno a este concepto. El interés principal se enfoca en los peligros y amenazas que puedan dañar a la organización, personas o propiedades. De igual forma se abarcan temas concernientes a la incertidumbre y su respectivo manejo así como de los principales peligros en la gestión de riesgos, todo esto con el fin de resaltar lo importante y necesario de saber gestionar los riesgos a través de las buenas practicas dentro del entorno organizacional. (16)
- Prevención de los riesgos, análisis y valoración de los riesgos presentes en los proyectos de infraestructura a gran escala internacionales: En este artículo se investiga sobre el análisis y la gestión de riesgos en los grandes proyectos de infraestructura internacional (17)
Según el artículo, para un correcto manejo del riesgo es ideal combinar dos enfoques, el tradicional, que analiza la viabilidad del proyecto y el moderno que es el encargado de gestionarlo.
- Modelo para la gestión del riesgo geológico en los procesos constructivos y de infraestructura (18)
De acuerdo al artículo el riesgo geológico sugiere seguir los nuevos avances tecnológicos. Así mismo en la actualidad la creación de un modelo definido para la gestión del riesgo, es necesario, un modelo que permita el aprovechamiento de las herramientas disponibles como matrices, los SIG, análisis costo beneficio entre otros.
- El término riesgo se ha convertido desde hace varios años en una palabra recurrente en la legislación de muchos países y de documentos representativos de problemáticas a nivel mundial (19)
En este artículo se habla de la relevancia de implementar la gestión de riesgos, en distintas compañías a nivel mundial y principalmente realiza su estudio en la isla de cuba, donde realizan análisis de riesgos, mediante la

aplicación de encuestas, para obtener como resultado la percepción de los mismos.

- La gestión de riesgos es un proceso integral y proactivo que busca potenciar oportunidades y proteger al proyecto ante incertidumbres que representen amenazas para sus objetivos y variables (20)
- La individualización y causas de los riesgos en la gestión de proyectos de infraestructura en España (2) Este proyecto de investigación tubo como objeto, la identificación de los riesgos más probables y sus causas, en grandes proyectos en España, donde se realizó un listado de los mismos a partir de las opiniones tomadas de varios profesionales que participaron en los proyectos de construcción más importantes.
- La gestión de riesgos es un factor crucial en la ejecución exitosa de proyectos de construcción (21)
Para este artículo se realizó un análisis de madurez, el cual incluía datos de incertidumbre usados para el desarrollo de un modelo que consideraba el nivel de autoridad y participación de los involucrados en los procesos de gestionar los riesgos.
- Uno de los múltiples resultados de una mala gestión del riesgo es, el retraso en los tiempos de ejecución. De acuerdo al artículo “Causas de Retrasos en Proyectos de Construcción: un Análisis Cualitativo” (22), los retrasos durante la ejecución de los proyectos, pueden conllevar a tener un alza en el presupuesto inicial, problemas legales y hasta la paralización del proyecto. Este artículo hace un análisis estadístico de las 1057 causas de retrasos en los proyectos de construcción, principalmente en Asia y África, las cuales fueron agrupadas en una base de datos realizada por 47 autores, donde también se realiza una comparación del coeficiente de importancia dado por cada autor para así identificar las principales causas de los retrasos.
- Gestión del riesgo en proyectos de infraestructura. Estudio de caso del campus universitario pts. Universidad de granada (España), (23). En este artículo, los autores presentan un análisis de riesgos, realizado para el proyecto “campus universitario de ciencias de la salud” el cual contemplaba la ejecución de un complejo de edificios. Aquí analizan todos los riesgos y su gestión, obteniendo como resultado, correcciones en cuanto a la gerencia y gestión de los riesgos del proyecto, así como de la implementación del Construcción Manager como una herramienta para lograr cumplir con los objetivos del mismo.

- Gestión de riesgos de costes de pos construcción en edificios residenciales en alquiler (24). Se desarrolló un modelo mediante la valoración de expertos, que consistía en la aplicación técnicas de entrevistas y el método Delphi, que permitió detectar e identificar los factores de riesgos que aumentarían los costos durante las pos construcción de los edificios que fueron objeto de estudio.
- Gestión de riesgos geotécnicos para los proyectos de edificación en Eslovaquia. Cuestionario para estimación cualitativa de riesgos (25). Para este proyecto de investigación, se emplearon las técnicas para la gestión del riesgo en proyectos de edificaciones en Eslovaquia, las cuales permitieron evaluar, analizar y preparar la respuesta a los posibles riesgos geológicos durante su construcción. Se realizó un cuestionario que se sometió a juicio de expertos a través de la técnica Delphi.
- Plan de gestión de riesgos constructivos en edificaciones institucionales bajo los lineamientos del PMI (26) Se realiza un análisis cualitativo y un plan de respuesta a los riesgos, bajo los lineamientos del PMI, para la ejecución de una obra de tipo institucional. Para la recolección de datos necesarios para la realización del análisis, se emplearon encuestas que fueron practicadas en directivos y personal experto, que intervino en dicho proyecto.
- Universidad nacional de Jaén, provincia de Jaén, región Cajamarca: Gestión de riesgos y éxito del proyecto de construcción de la infraestructura académica y administrativa (27). Durante la etapa de planificación de la construcción de la infraestructura académica, no se tuvo en cuenta un análisis de la gestión del riesgo. Por ello, el proyecto de investigación realiza un plan de gestión del riesgo, que sigue los lineamientos propuestos en el PMBOK.
- Gestión de riesgos para obras geotécnicas en taludes (28). Para este trabajo de investigación, se elaboró un formulario de evaluación que permitió realizar un diagnóstico para la gestión de los riesgos dirigidos a este tipo de proyectos de construcción.
- Gestión de riesgos para el control del cronograma y costos de obras en centros de salud (29). Para este trabajo de investigación, se realizó un análisis cualitativo, que abarcaba desde la etapa preliminar, hasta la ejecución de obra, para así identificar los riesgos probables.

- Implementación de sistema de gestión de riesgos en construcción de edificio multifamiliar (30). Este trabajo de investigación, se realiza desde un trabajo de campo, visitando distintas obras para recolectar información, la cual se gestiona para crear un sistema de gestión de riesgos, para edificaciones de este tipo y así realizar su respectivo análisis de costos.

En lo referente a investigaciones realizadas acerca de la gestión de riesgos en proyectos de construcción, tanto a nivel nacional como internacional, se encuentra un amplio campo investigativo, sin ser la gestión de riesgos en obras de cimentación, la investigación principal, solo son mencionadas brevemente como complemento en documentos dedicados a proyectos de construcción en todas sus fases.

4. METODOLOGÍA

4.1 FASES DEL TRABAJO DE GRADO

FASE 1. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

Se recopiló información especializada y documentos sobre gestión de riesgos en proyectos, con enfoque de cimentaciones.

Para el desarrollo de la gestión del riesgo del presente trabajo de investigación, se tuvo en cuenta lo estipulado en la guía PMBOK sexta edición, en la cual se emplearon dos tipos de investigación:

- **Descriptiva:** constituye conocer los conceptos básicos, sin adentrarse en las causas o consecuencias, siendo esto una descripción del tema sin inmiscuirse en el “por qué”
- **Exploratoria:** se basa en el análisis de información obtenida de proyectos reales, los cuales aún no han sido evaluados a profundidad, en función del alcance del trabajo de investigación, para la obtención de respuestas en una temática específica.

FASE 2. ELABORACION DEL INSTRUMENTO

Con base en la información recopilada en la fase 1, se estructuró un documento de análisis, siguiendo los lineamientos propuestos en el PMBOK y se procedió a realizar la identificación de los riesgos, la cual permitió realizar un estudio a profundidad con base en los sucesos reales presentados en la obra de cimentación, fundamentales para el análisis del presente proyecto.

FASE 3. REALIZACION DEL ANALISIS

A un proyecto de construcción de cimentación de una edificación, ubicado en la ciudad de Bogotá D.C. se le realizó el análisis sobre los riesgos que se presentaron durante la ejecución de la obra.

Este análisis se realizó para una obra de construcción de una edificación, la cual es una estructura convencional en concreto reforzado con luces entre columnas no mayores a 8m de longitud, cuenta con siete pisos destinados para vivienda y un área aproximada de 300m².

La edificación tiene un sótano, para el cual se diseñó una cimentación profunda, constituida por 82 pilotes pre excavados y fundidos in situ (tipo Kelly), los cuales, de acuerdo al tipo de suelo encontrado, trabajarán por fricción en suelo arcilloso y arenoso y por punta en las arenas finas, alcanzando estos una profundidad de 32m bajo nivel de andén.

Se aplicó una encuesta dirigida a los profesionales involucrados durante la ejecución del proyecto, en la cual se incorporaron preguntas inherentes a la etapa de ejecución, donde además se evaluó su perspectiva y política de la compañía frente a la gestión de los riesgos.

Se ejecutó el análisis cualitativo de los riesgos, en el cual se procesó toda la información mediante la matriz de riesgo obteniendo como resultado la probabilidad de que un riesgo ocurra así como del impacto que tendría y de esta manera poder desarrollar un plan de respuesta.

FASE 4. CONSTRUCCION DEL ANALISIS

De acuerdo a los resultados obtenidos se organizó un análisis cualitativo de la gestión de los riesgos de dicho proyecto de construcción de cimentación, del cual se obtuvo la respectiva categorización de riesgos.

FASE 5. PREPARACION DE RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

A partir del análisis de riesgos se realizó la respuesta a los mismos, mediante la implementación de estrategias para las amenazas como para las oportunidades. Así mismo se incluyeron recomendaciones de acuerdo a resultados obtenidos para el plan de gestión de los riesgos del proyecto de construcción analizado.

Por último, se presentaron las conclusiones finales obtenidas de este trabajo de investigación.

4.2 INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Para el desarrollo del trabajo de investigación, se debe recopilar, estructurar y tratar la información mediante:

- Guía PMBOK sexta edición
- Documentación de obra de cimentación ya ejecutada
- Evaluación de conocimiento en gestión de riesgos aplicada a profesionales involucrados durante la ejecución de la obra caso de estudio

4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Para este trabajo de investigación se eligió la ciudad de Bogotá D.C. donde se escogió una obra de cimentación para una edificación, localizada en la zona sur de la ciudad. Donde la empresa ejecutora de dicha obra suministro la información concerniente a contrato, presupuesto y plazos de la misma.

Se realizaron entrevistas que midieron el conocimiento, acerca de la gestión de riesgos a los ingenieros y/o maestros de obra que intervinieron en la ejecución de la obra, para así determinar las fuentes de riesgos principales para este caso de estudio.

4.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

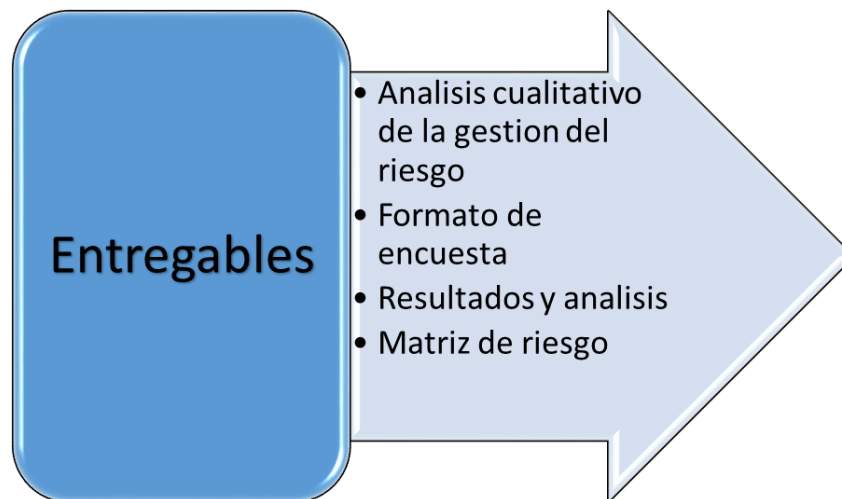
En este trabajo de investigación se identificó y analizó cualitativamente los riesgos en la etapa de construcción de una obra de cimentación para una edificación en la ciudad de Bogotá D.C. esto abarca la entrega de una matriz de riesgo con su respectiva información detallada y análisis.

Para el desarrollo de este trabajo no se tuvo en cuenta un análisis cuantitativo, así mismo abarcó solo información real de cimentaciones profundas solicitada a la empresa constructora.

5. PRODUCTOS A ENTREGAR

De acuerdo a la información recopilada, el presente trabajo de investigación obtendrá como resultado los siguientes entregables:

Ilustración 10. Entregables



Fuente elaboración propia

6. ENTREGA DE RESULTADOS E IMPACTOS

6.1 Descripción del caso de estudio

La información del presente trabajo se recopiló de los documentos archivados pertenecientes a la ejecución de la obra, proporcionados por la empresa constructora del proyecto. En la tabla 2 se presenta la descripción general del alcance, plazo y valor del contrato del caso de estudio.

Tabla 2. Descripción contrato

Consideraciones del proyecto de construcción	
Alcance	Ejecutar construcción de pilotes pre excavados con sistema Kelly
Cantidades	Pilotes Ø 0.60m : 1.568ml Pilotes Ø 0.70m : 888ml Pilotes Ø 0.80m : 320ml Acero: 30.576kg
Duración	53 días hábiles a partir de la firma del acta de inicio
Valor del contrato	\$343.353.577

Fuente elaboración propia a partir de los datos de obra obtenidos

De acuerdo con las anteriores consideraciones del proyecto, se realizó un análisis con la información obtenida, teniendo en cuenta factores adicionales como lo son el tipo de suelo, la maquinaria a usar y su estado, siendo estos temas claves para la identificación de riesgos durante la ejecución del proyecto.

6.2 Análisis cualitativo de los riesgos

Se realizó la priorización de los riesgos individuales de la ejecución de la obra, para su análisis y a los cuales se les evaluó la probabilidad de ocurrencia e impacto.

De igual forma para realizar el análisis cualitativo de los riesgos se establecieron las prioridades relativas de los riesgos para el caso de estudio.

6.2.1 Plan de gestión de los riesgos

Como se indica en la guía del PMBOK sexta edición, este plan describe como se organizarán y ejecutarán las actividades de la gestión de los riesgos.

Según la estructura de desglose de los riesgos, mencionada en la guía PMBOK, se realizó la categorización y analizó los riesgos propios del caso de estudio, de acuerdo a su incidencia.

6.2.2 Riesgo técnico

Dentro del riesgo técnico se categorizaron las siguientes fuentes de riesgo:

- Geológica y geotécnica

Para el proyecto de construcción se realizó el estudio de suelos conforme a lo estipulado en la norma NSR-10, se evidenció el siguiente perfil estratigráfico (*tabla 3*)

Tabla 3. Estudio de suelos

Perfil	Profundidad
Placas en concreto, rellenos en tierras varios con escombros y arcillas	0.70 - 1.30 m
Limos arcillosos y arcillas de color café, consistencia dura y media	2.0 - 2.7 m
Limos arcillosos y arcillas de color gris, consistencia media	5.9 – 6.2 m
Arenas finas de color gris, densidad suelta	6.2 - 7.0 m
Arcillas de color café, capas de arena fina y turba	7.0 - 22.6 m
Arenas finas color café, densidad muy compacta	22.6 - 28.7 m
Arcillas de color café, consistencia media	28.7 - 30.80 m
Arenas finas de color café con lentes de arcilla, densidad muy compacta	30.80 - 35.0 m

Fuente elaboración propia a partir del estudio de suelos realizado para la obra

De acuerdo a las condiciones geológicas halladas en la obra se pudo determinar que las principales fuentes de riesgo asociadas a la geología y geotecnia, tales como: la presencia de las arenas finas, empujes laterales, fricción negativa, integridad de los elementos, afectaciones a construcciones vecinas.

- Arenas finas: Debido a la naturaleza de este material, se debió tener especial cuidado en el momento de la construcción de cada pilote, ya que al entrar en contacto con el lodo de excavación, las arenas finas se aglutinan y pueden crear los llamados “anillos” alrededor de la tubería utilizada para vaciar el concreto, generando en esta un atrapamiento que complicaría su construcción y comprometería la integridad de dicho elemento.
Para contener este tipo de material se implementó el uso de biopolímeros o bentonitas, las cuales se encargaron de crear una sustancia viscosa que permitió la contención del terreno y así mismo detuvo la aglomeración de las arenas alrededor de los elementos usados durante la ejecución.
- Empujes laterales: indican la presión que está ejerciendo el suelo horizontalmente con respecto al pilote. Estos empujes laterales además determinan la fricción del suelo en la superficie de la cimentación.
- Fricción negativa: la fricción negativa se representa como la acción de una carga nueva contraria actuando a lo largo del fuste del pilote.
De acuerdo con la información obtenida del estudio de suelos del proyecto, se observó que en este caso en particular los pilotes trabajaran por fricción en las zonas de suelos arcillosos y por punta en la zona de arena fina; esto quiere decir que en la zona de arcillas no se desarrollara la fricción negativa a lo largo del fuste ya que esta fricción se convertirá en fuerza de arrastre, empujando el pilote hacia abajo, en cambio en la zona de arenas finas la fricción negativa se desarrollara a lo largo de fuste ya que la cabeza del pilote estará empotrada en el terreno más rígido, lo cual no permitirá ningún desplazamiento.
- Integridad: durante la ejecución de los pilotes se pueden presentar distintos inconvenientes tales como la introducción de lodo en el concreto, derrumbes de las paredes laterales e incluso cambios en su sección transversal. Todo lo anterior constituye parámetros que determinan la integridad de cada elemento. De suceder alguna de las situaciones que comprometan la integridad del pilote, no se podía observar a simple vista, así que el medio más utilizado para determinar la integridad de los elementos es por medio de las pruebas P.I.T.
- Afectaciones a construcciones vecinas: las construcciones aledañas a la obra, pueden sufrir algún daño como fisuras en su estructura, inclinación de las mismas, hundimientos o derrumbes entre otras.

➤ Equipos y Herramientas

Para la ejecución de esta obra de cimentación específica se requirieron ciertos equipos y herramientas que representan un riesgo debido a las posibles fallas repentinas que puedan presentarse durante su operación.

Tabla 4. Equipo y herramienta

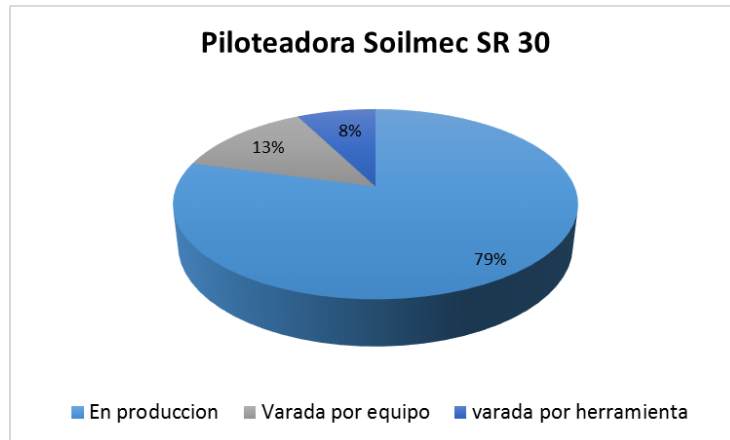
EQUIPOS	
Piloteadora Soilmec SR 30	Susceptible a fallas mecánicas por ruptura inesperada de piezas o por desgaste debido a su uso.
Grúa Bucyrus Erie 15B	Susceptible a fallas mecánicas por ruptura inesperada de piezas o por desgaste debido a su uso.
Excavadora Caterpillar 320	Susceptible a fallas mecánicas por ruptura inesperada de piezas o por desgaste debido a su uso.
HERRAMIENTAS	
Baldes de perforación	Susceptible a daño por desgaste y/o una inadecuada manipulación.
Tubería tremie 8" y Embudo	Susceptible a daño por desgaste y/o una inadecuada manipulación.
Motobomba y mangueras de succión	Susceptible a daño por desgaste y/o una inadecuada manipulación.
Herramienta menor	Susceptible a daño por desgaste y/o una inadecuada manipulación.

Fuente elaboración propia a partir de información dada por la obra

En la tabla 4 se relacionan los equipos y herramientas utilización en la ejecución de la cimentación profunda.

De acuerdo a la información obtenida de la ejecución de obra se logró establecer el porcentaje de tiempo en que no hubo producción debido a fallas en quipos y/o herramientas.

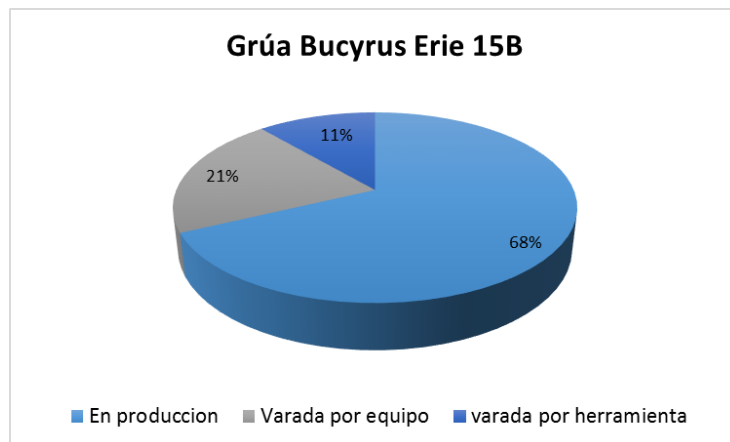
Ilustración 11. Porcentaje de tiempo sin producción Piloteadora



Fuente elaboración propia a partir de la información obtenida

En la ilustración 11 se puede observar que la máquina principal, la Piloteadora Soilmec SR30, estuvo un 13% del tiempo total de la duración de la obra, varada por fallas eléctricas, daños en el computador de la máquina, ruptura de mangueras y daños en el sistema de orugas. Un 8% del tiempo la máquina estuvo varada debido a daños en la herramienta que utiliza, principalmente los baldes de excavación, los cuales por el desgaste del uso normal presentaron ruptura en su estructura.

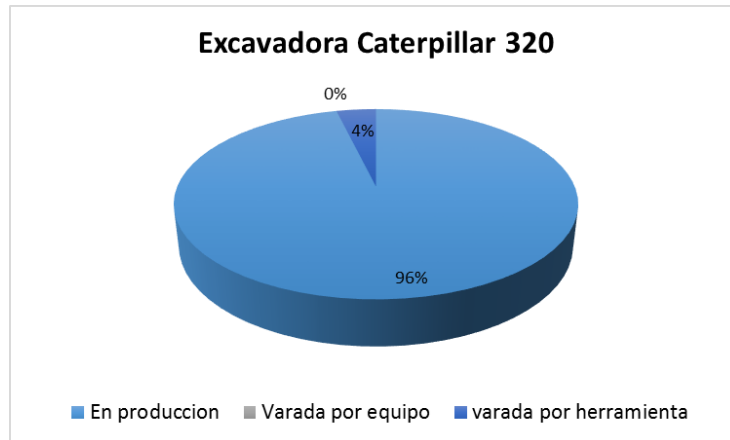
Ilustración 12. Porcentaje de tiempo sin producción grúa



Fuente elaboración propia a partir de la información obtenida

Como se puede observar en la ilustración 12, la Grúa Bucyrus Erie 15B permaneció un 21% del tiempo de ejecución, varada por equipo, lo cual correspondió principalmente a fallas con la parte mecánica de la máquina, desgaste de cables, desgaste de bandas, fallas en el motor y filtros de aceite. El 11% del tiempo de estar varada por herramienta, correspondió a ruptura en la tubería tremie por desgaste y por daños en las motobombas de succión.

Ilustración 13. Porcentaje de tiempo sin producción Excavadora



Fuente elaboración propia a partir de la información obtenida

De acuerdo a la ilustración 13, el tiempo de producción de la excavadora fue el más rentable ya que solo conto con un 4% de tiempo total de la duración de la obra, varada por herramienta que correspondió a daño en los dientes del balde.

6.2.3 Riesgo de Gestión

Al ser un proyecto de construcción de alta complejidad, se requirió la intervención de personal tanto administrativo como operativo. Dicho personal constituye un factor de riesgo, ya que este debe cumplir con un perfil determinado para el correcto cumplimiento de cada labor específica.

A continuación en la ilustración 14, se representa el personal que se requirió para la fase de ejecución.

Ilustración 14. Recurso Humano

Recurso humano administrativo	Director de obra Residente de obra Residente SST
Recurso humano operativo	Operario de maquinaria Bombero Ayudante

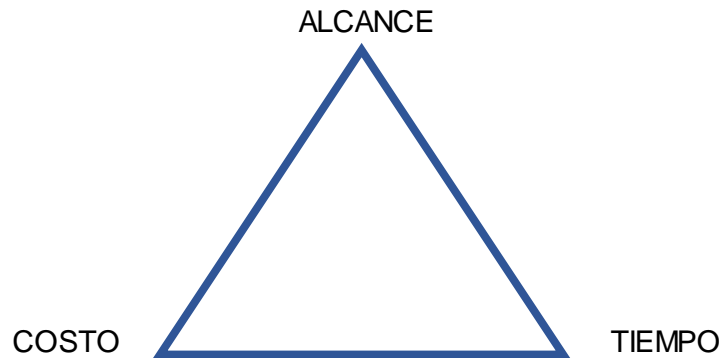
Fuente elaboración propia a partir de la información obtenida

➤ Dirección de proyectos

Dentro del recurso humano administrativo necesario para la ejecución del proyecto se contó con un director de obra, el cual realizo actividades de monitoreo y control

a lo largo de todas las fases del proyecto, enfocándose principalmente, como se describe en la guía PMBOK sexta edición, en mantener el equilibrio de la triple restricción (*ilustración 15*)

Ilustración 15. Triple Restricción



Fuente elaboración propia a partir de la información de la guía PMBOK

El rol que desempeñó el director de obra fue fundamental para llevar a cabo el éxito del proyecto, enfocándose en el cumplimiento de los objetivos del mismo así como en la resolución de problemas que se presentaron durante la ejecución.

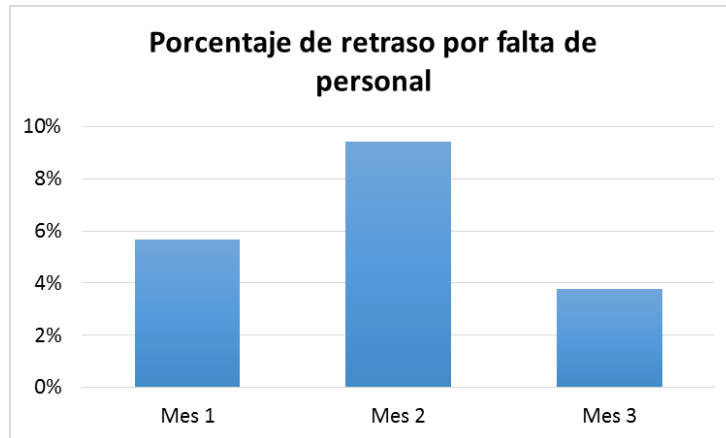
➤ Organización

Para completar el recurso humano administrativo, se contó con un Residente de obra y un Residente SST, los cuales aparte de enfocarse en el cumplimiento de los objetivos del proyecto debieron enfocarse en la identificación y respuesta de los posibles riesgos técnicos durante la fase de ejecución.

Para el recurso humano operativo se contó con tres operarios, encargados del manejo de las principales máquinas, dos bomberos los cuales debían manejar las motobombas de succión y cuatro ayudantes de obra, cuyas funciones principales consistían en la asistencia durante excavación y fundida de cada elemento.

De acuerdo a la guía PMBOK sexta edición, el recurso humano debe ser correctamente gestionado, su asignación de roles y responsabilidades se verán reflejados en el éxito del proyecto. Para el caso de estudio, el riesgo de recurso humano representó en gran medida el retraso del proyecto ya que hubo inconvenientes con el recurso humano operativo en cuanto a cumplimiento de funciones de acuerdo a su rol en la fase de ejecución.

Ilustración 16. Falta de personal



Fuente elaboración propia a partir de la información dada por la obra

Por distintos motivos, hubo personal que se retiró del proyecto, lo cual representó un atraso en las actividades previamente programadas. Como se observa en la ilustración 16, el retiro del personal en el mes 2 significó el mayor porcentaje de atraso a lo largo de la duración del proyecto.

6.2.4 Riesgo Comercial

➤ Términos y condiciones contractuales

Las condiciones contractuales deben ser claras y establecidas por ambas partes antes de iniciar la ejecución del proyecto, esto con el fin de evitar inconvenientes por confusión en los términos una vez la ejecución de la obra haya iniciado.

Según la información recopilada se identificó que una de las partes (cliente) pretendía modificar ciertas condiciones durante la ejecución. Esto supuso un atraso en la realización de ciertas actividades entre tanto se llegaba a un acuerdo entre las partes.

Una de las condiciones contractuales que se pretendió modificar fue los plazos de pagos ya estipulados; el cliente solicitaba una modificación para efectuar los pagos mensuales y no quincenales como se pactó en el contrato de obra. Esto condujo a que la compañía ejecutora de la obra de cimentación, sufriera una deficiencia en su flujo de caja, causando retrasos en sus actividades durante la ejecución.

➤ Financiero

Conforme a lo analizado de la documentación se determinó que a lo largo de la ejecución del proyecto se presentaron problemas de tipo financiero ya que se presentó un flujo de caja negativo. Durante la ejecución del proyecto el área encargada realizó un mal manejo del recurso monetario entrante lo que desencadenó retrasos en pagos a subcontratistas y empleados.

➤ Subcontratos

Para la ejecución de la obra, la compañía ejecutora debió realizar dos subcontratos concernientes a la elaboración de las armaduras de los pilotes y otro para el retiro del material de excavación.

Esto suscitó un riesgo ya que surgieron inconvenientes con respecto al recurso humano externo y así mismo inconveniente con el cumplimiento de los términos y plazos estipulados en el contrato de obra.

6.2.5 Riesgo Externo

➤ Ambiental

La ejecución de la obra coincidió con una temporada invernal que vivió la ciudad de Bogotá. Debido a las torrenciales lluvias los botaderos que recibían el material de excavación cerraron varios días a la semana, generando acumulación de material en la obra, impidiendo así la operación normal de la máquina Piloteadora. De igual forma la máquina excavadora realizó trabajos adicionales, como movimiento y adecuación de material para despejar la obra y no afectar el resto de actividades.

➤ Instalaciones

El terreno donde se llevó a cabo la ejecución de la obra, representaba un desafío para la instalación inicial, ya que no contaba con vías de acceso para el paso de la maquinaria apropiadas, las instalaciones eléctricas y las nivelaciones del terreno al no estar correctamente adecuada, también generaron tropiezos en la fase inicial de ejecución.

➤ Normativo

Cada compañía cuenta con una normativa ya establecida que debe cumplirse para asegurar el cumplimiento de la calidad.

A nivel administrativo el cumplimiento de la normativa establecida se realiza mediante el registro y control de las actividades según lo estipulado en cada plan

de calidad implementado por la compañía. Así mismo a nivel técnico se asegura la calidad de los elementos a entregar mediante el correcto cumplimiento de los procedimientos de cada actividad.

6.3 Estructura desglose de los riesgos

A continuación en la tabla 5, se representa la estructura de desglose de los riesgos (RBS), con la categorización de los riesgos individuales del caso de estudio.

Tabla 5. Estructura de desglose de los riesgos

NIVEL 0 de RBS	NIVEL 1 de RBS	NIVEL 2 de RBS
0. Todas las fuentes de riesgo del proyecto	1. Riesgo Técnico	1.1 Geología y Geotécnica
		1.2 Equipo y Herramientas
	2. Riesgo de Gestión	2.1 Dirección de Proyectos
		2.2 Organización
	3. Riesgo Comercial	3.1 Financiero
		3.2 Subcontratos
		3.3 Términos y condiciones contractuales
	4. Riesgo Externo	4.1 Ambiental
		4.2 Instalaciones
		4.3 Normativo

Fuente elaboración propia en base a la RBS del PMBOK

6.4 Encuesta

A continuación se muestran las preguntas correspondientes a un cuestionario que se realizó a los profesionales que participaron en la fase de ejecución de la cimentación del proyecto, dentro de los cuales participaron dos directores, dos residentes y un maestro de obra.

1. ¿En cuántos proyectos de cimentación profunda ha participado?

2. ¿Conoce una matriz de riesgo y su función?

3. De acuerdo a su experiencia en el proyecto y a la caracterización de riesgos marque según corresponda SI o NO a las siguientes preguntas:

Tabla 6. Preguntas referentes a escenarios de riesgo

DISEÑO	RESPUESTA	
	SI	NO
¿Hay claridad en el alcance?		
¿Existe deficit en la divulgacion de modificaciones?		
¿Hubo entrega de diseños incompletos?		
¿Falta aplicación de normativa vigente?		
PLANEACION	SI	NO
¿Existió una inadecuada distribucion de los recursos?		
¿Hubo fallas en la programación?		
¿Hubo una correcta asignacion de roles?		
¿Se tuvo en cuenta la gestion de riesgos?		
CONSTRUCCION	SI	NO
¿Hubo complicaciones por el estado del clima?		
¿ Se retraso la entrega final de la obra?		
¿Hubo cambios en diseño sobre el tiempo?		
¿Existieron errores humanos que comprometieron alguna actividad?		
¿Hubo retrasos por falta de recursos?		
¿Se creó un otro si por cantidades adicionales?		
¿Se halló material diferente al especificado en el estudio de suelos?		
¿Hubo problemas con el polimero usado en la excavacion?		
¿Se presentaron fallas en la maquinaria?		
SEGURIDAD	SI	NO
¿Se presentaron accidentes laborales por descuido del trabajador?		
¿Faltaron capacitaciones?		
¿Faltó distribución de epp's?		
¿Se presentaron conflictos interpersonales por un mal ambiente laboral?		
ENTREGA	SI	NO
¿Se entregó la obra fuera de los plazos estipulados?		
¿Hubo demoras en la liquidacion de obra?		
¿Se realizaron reparaciones y/o descuentos por trabajos no conformes?		

Fuente elaboración propia

4. ¿Cuál cree que fue el riesgo que más se presentó durante la ejecución de la obra?

A. Riesgo técnico

B. Riesgo de gestión

C. Riesgo Comercial

D. Riesgo externo

5. Responda las siguientes preguntas de acuerdo a su experiencia.

Tabla 7. Preguntas referentes a la percepción

PREGUNTA	SI	NO
¿Pudieron ser los riesgos en obra fácilmente identificables?		
¿Hizo falta un area exclusivamente dedicada a la gestion de los riesgos en las compañía?		
¿Cree que de existir una correcta gestion de los riesgos, no se hubieran presentado retrasos en el proyecto?		

Fuente elaboración propia

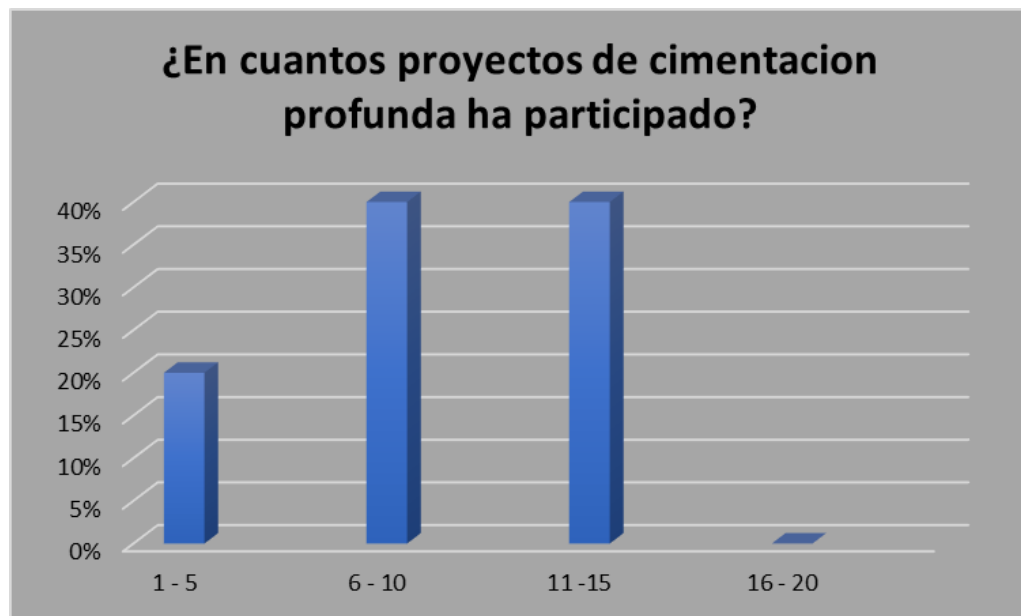
6.5 Resultados y análisis

A continuación se presentan los resultados obtenidos del cuestionario aplicado a los profesionales que desempeñaron un rol durante la ejecución de obra de cimentación.

1. ¿En cuántos proyectos de cimentación profunda ha participado?

Ilustración 17. Participación en proyectos de cimentación

NÚMERO DE PROYECTOS	PROFESIONAL	PORCENTAJE
1 - 5	1	20%
6 - 10	2	40%
11 - 15	2	40%
16 - 20	0	0%
TOTAL	5	100%



Fuente elaboración propia a partir de los resultados de encuesta

Como se puede observar en la ilustración 17, los resultados a la primera pregunta del cuestionario arrojaron que un 80% de los encuestados han participado en un rango de 6 a 15 proyectos de cimentación profunda, lo cual es un indicador que determina que la mayoría posee una amplia experiencia, lo que da un punto de vista más acertado con respecto a los riesgos que se pueden presentar en este tipo de proyectos.

2. ¿Conoce una matriz de riesgo?

Ilustración 18. Conocimiento de una matriz de riesgo

OPCION DE RESPUESTA	PROFESIONAL	PORCENTAJE
SI	2	40%
NO	3	60%
TOTAL	5	100%



Fuente elaboración propia a partir de los resultados de encuesta

Con respecto a los resultados de la segunda pregunta representados en la ilustración 18, se observa que el 60% de los involucrados en el proceso de ejecución de la obra de cimentación, no tienen conocimiento de que es una matriz de riesgo, lo cual indica que se desconoce la importancia de mitigar, prevenir y crear planes de contingencia en el proceso constructivo generado por la matriz de riesgo.

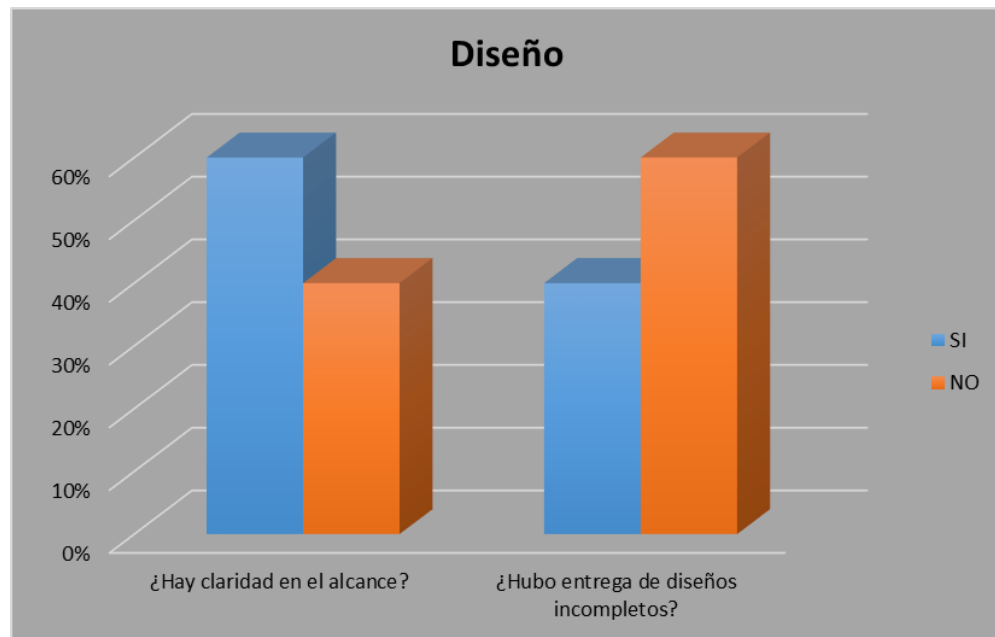
Con los resultados anteriores se hace visible la necesidad de que todos los involucrados en la ejecución de este tipo de obras, amplíen su conocimiento en la gestión de riesgos y sus herramientas, lo cual permitirá crear medidas de contingencia y planes de acción fundamentales en la mitigación de los riesgos que puedan generar impactos negativos en los proyectos.

3. De acuerdo a su experiencia en el proyecto y a la caracterización de riesgos marque según corresponda SI o NO a las siguientes preguntas.

➤ Diseño

Ilustración 19. Diseño, alcance y diseños

¿Hay claridad en el alcance?			¿Hubo entrega de diseños incompletos?		
SI	3	60%	SI	2	40%
NO	2	40%	NO	3	60%
TOTAL	5	100%	TOTAL	5	100%

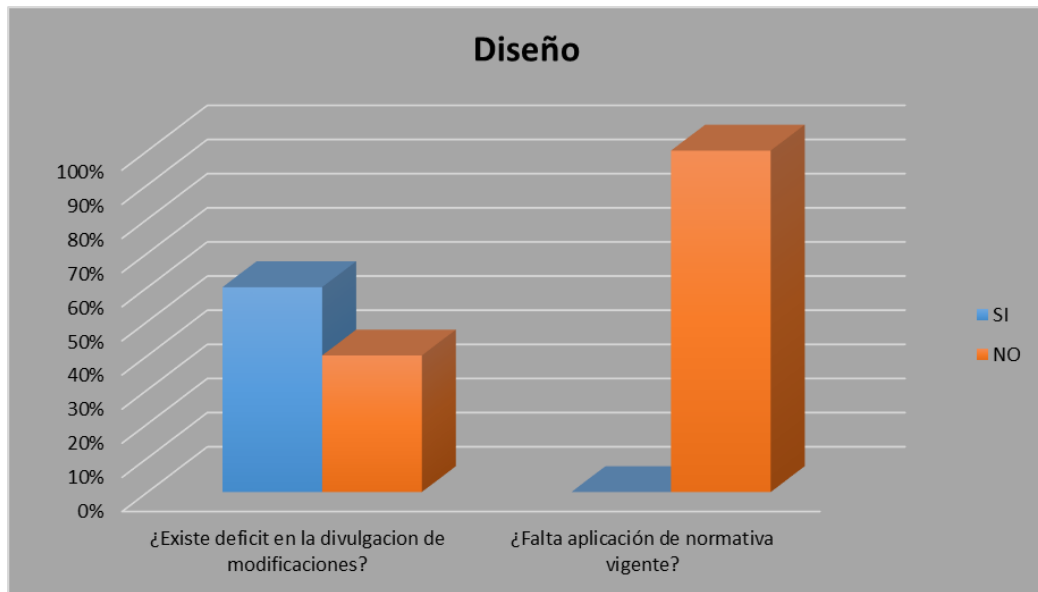


Fuente elaboración propia a partir de los resultados de encuesta

En el segmento de preguntas relacionadas con la fase de diseño, representadas en la ilustración 19, se pudo observar que el 60% de los involucrados tenían completa claridad acerca del alcance del proyecto. Si bien el porcentaje de conocimiento del alcance fue superior, el desconocimiento del mismo por parte del 40% restante sugiere una falla en la correcta gestión del alcance, así como de su divulgación entre los involucrados. De igual forma que el 40% de los encuestados asegurara que los diseños no estaban completos, debió suponer un conflicto con respecto a la claridad de cómo se debía desarrollar el producto a entregar y sus características.

Ilustración 20. Diseño, divulgación de modificaciones y normativa

¿Existe deficit en la divulgacion de modificaciones?			¿Falta aplicación de normativa vigente?		
SI	3	60%	SI	0	0%
NO	2	40%	NO	5	100%
TOTAL	5	100%	TOTAL	5	100%



Fuente elaboración propia a partir de los resultados de encuesta

En la ilustración 20, se observa que para el 100% de los involucrados se aplicó la normativa vigente durante la ejecución de la obra.

En cuanto a divulgación de modificaciones, se infiere que solo el 40% de los encuestados, tuvo un fácil acceso a los distintos cambios que se generaron en el proyecto, haciéndose visible un riesgo de gestión, puntualmente en la comunicación.

➤ Planeación

Ilustración 21. Planeación, Distribución de los recursos y programación

¿Existió una inadecuada distribución de los recursos?			¿Hubo fallas en la programación?		
SI	3	60%	SI	5	100%
NO	2	40%	NO	0	0%
TOTAL	5	100%	TOTAL	5	100%

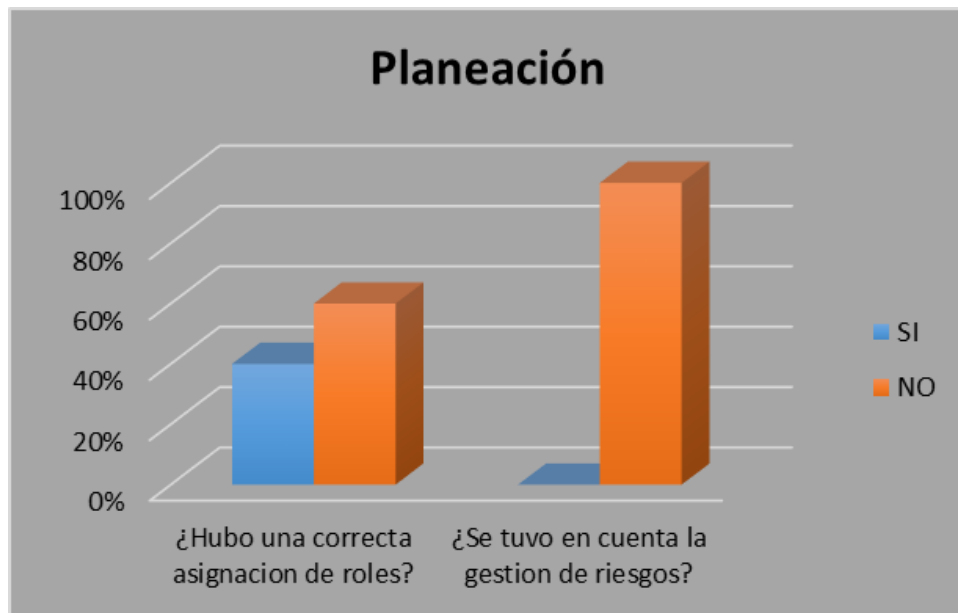


Fuente elaboración propia a partir de los resultados de encuesta

De acuerdo a los resultados representados en la ilustración 21, el 60% de los encuestados refiere que la distribución de los recursos no fue la adecuada y el 100% asegura que hubo fallas en la programación; siendo este un tema a considerar ya que una planeación deficiente se verá reflejada en las siguientes fases del proyecto y así mismo tendrá un impacto en el éxito del proyecto.

Ilustración 22. Planeación, Asignación de roles y gestión

¿Hubo una correcta asignacion de roles?			¿Se tuvo en cuenta la gestion de riesgos?		
SI	2	40%	SI	0	0%
NO	3	60%	NO	5	100%
TOTAL	5	100%	TOTAL	5	100%



Fuente elaboración propia a partir de los resultados de encuesta

En la siguiente parte de las preguntas de planeación se obtuvo que solo el 40% de los encuestados cree que la asignación de roles fue la correcta, mientras que la totalidad de los encuestados coincide en que no se tuvo en cuenta la gestión de los riesgos.

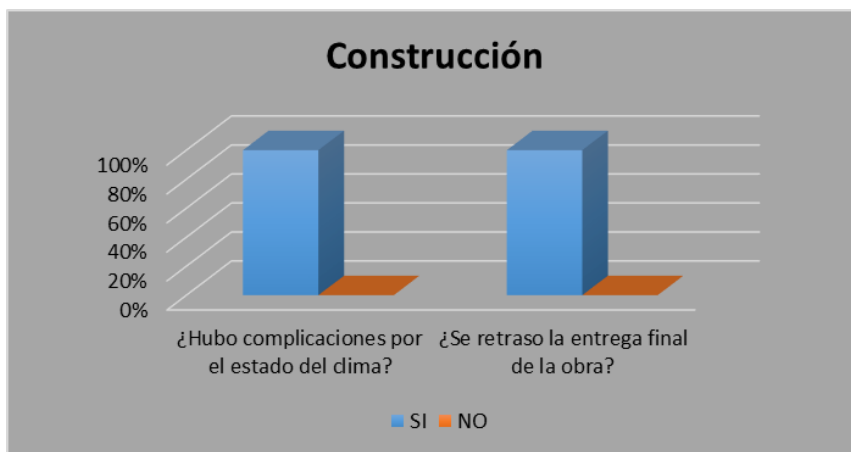
De los anteriores resultados representados en la ilustración 22, se puede inferir que hubo procesos que no se llevaron a cabo adecuadamente o que simplemente no se consideraron por el equipo de trabajo durante la fase de planeación.

➤ **Construcción**

Ilustración 23. Construcción, estado del clima, retrasos

¿Hubo complicaciones por el estado del clima?			¿Se retraso la entrega final de la obra?		
SI	5	100%	SI	5	100%
NO	0	0%	NO	0	0%
TOTAL	5	100%	TOTAL	5	100%

¿Hubo cambios en diseño sobre el tiempo?			¿Existieron errores humanos que comprometieron alguna actividad?		
SI	3	60%	SI	4	80%
NO	2	40%	NO	1	20%
TOTAL	5	100%	TOTAL	5	100%



Fuente elaboración propia a partir de los resultados de encuesta

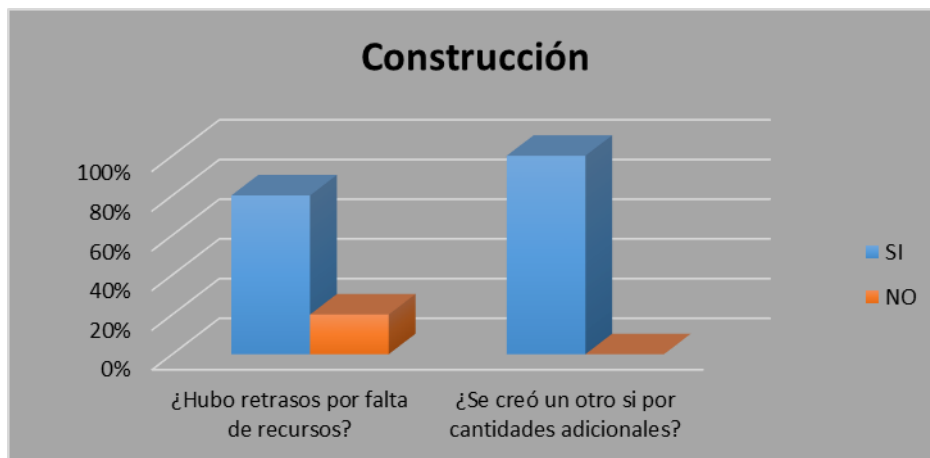
De acuerdo a la preguntas realizadas para la fase de construcción ilustradas en la ilustración 23, se obtuvo que el 100% de los encuestados afirmo que el estado del clima represento una fuente de complicación directa durante la ejecución de la obra y de igual forma el mismo porcentaje aseguro que la obra no se finalizó en el tiempo estipulado inicialmente.

Con respecto a los cambios del diseño sobre tiempo, el 60% de los involucrados respondió que si existieron, siendo este otro factor que influyó en el atraso de la ejecución del proyecto.

En cuando a errores humanos, el 80% estuvo de acuerdo con que estos errores humanos afectaron la realización de distintas actividades.

Ilustración 24. Construcción, falta de recursos, otro si

¿Hubo retrasos por falta de recursos?			¿Se creó un otro si por cantidades adicionales?		
SI	4	80%	SI	5	100%
NO	1	20%	NO	0	0%
TOTAL	5	100%	TOTAL	5	100%



Fuente elaboración propia a partir de los resultados de encuesta

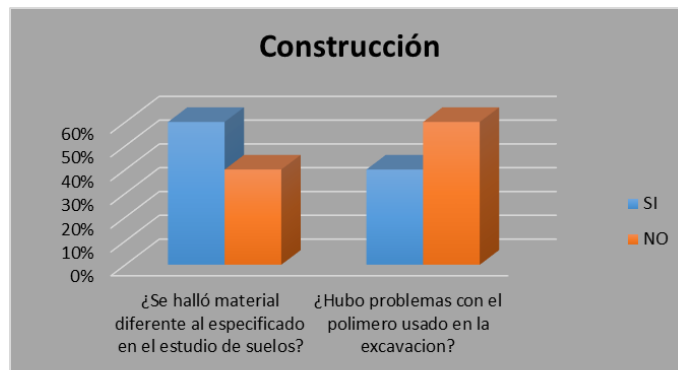
Continuando con las respuestas dadas a las preguntas de la fase de construcción se obtuvieron los siguientes resultados representados en la ilustración 24: el 80% de los encuestados afirmó que se presentaron retrasos porque no había recursos suficientes tales como el recurso humano, de equipos, materiales y hasta de dinero. Esto debe ser un tema de especial consideración por parte de la empresa ya que para una obra de este tipo, una correcta gestión de los riesgos influirá en el éxito del mismo.

El 100% de los encuestados tuvo pleno conocimiento acerca de la creación de otro si al contrato por adición de cantidades que no estaban contempladas en el contrato de inicial.

Ilustración 25. Construcción, diferencias con estudio de suelos, polímero

¿Se halló material diferente al especificado en el estudio de suelos?			¿Hubo problemas con el polímero usado en la excavación?		
SI	3	60%	SI	2	40%
NO	2	40%	NO	3	60%
TOTAL	5	100%	TOTAL	5	100%

¿Se presentaron fallas en la maquinaria?		
SI	5	100%
NO	0	0%
TOTAL	5	100%



Fuente elaboración propia a partir de los resultados de encuesta

Los resultados representados en la ilustración 25, son los siguientes: para el 60% de los encuestados, durante la excavación se encontró diferentes tipos de material no especificados en el estudio de suelos, lo cual podría significar que hubo errores técnicos por parte de la compañía encargada de la realización del sondeo o que no todo el personal involucrado tiene el conocimiento suficiente acerca de las especificaciones del tipo de suelo, descritas en el estudio.

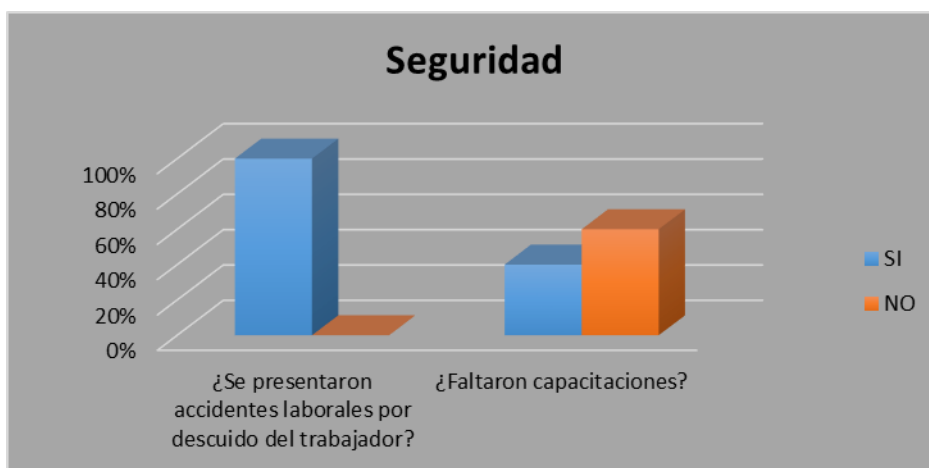
De igual forma con respecto al polímero usado para la excavación solo el 40% aseguro que se presentaron inconvenientes por el uso del mismo. Este resultado en particular puede ser visto como un tema de percepción, en cuanto a que se considera como inconveniente con el uso del material de excavación y en cuanto al profesional que lo considera un problema.

Para finalizar con las preguntas relacionadas a la fase de construcción, el 100% de los encuestados afirmo que la maquinaria presento fallas durante la ejecución, ocasionando retrasos en la realización de las actividades programadas.

➤ Seguridad

Ilustración 26. Seguridad, accidentes laborales, capacitaciones

¿Se presentaron accidentes laborales por descuido del trabajador?			¿Faltaron capacitaciones?		
SI	5	100%	SI	2	40%
NO	0	0%	NO	3	60%
TOTAL	5	100%	TOTAL	5	100%

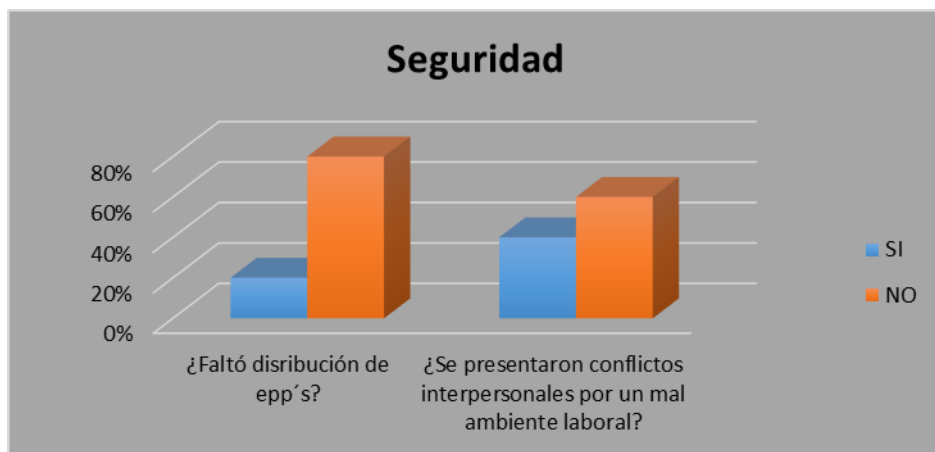


Fuente elaboración propia a partir de los resultados de encuesta

De acuerdo a las preguntas relacionadas con la seguridad y salud en el trabajo, se obtuvieron los resultados representados en la ilustración 26, donde el 100% de los encuestados involucrados en el proyecto de construcción concordaron con que los accidentes que se presentaron durante la ejecución ocurrieron por descuido de los trabajadores, sin embargo a la pregunta acerca de las capacitaciones solo el 40% estuvo de acuerdo con que hizo falta capacitar más al personal. Esto debe ser considerado por la compañía ya que la mayoría de los encuestados no considera que faltaran capacitaciones, cuando estas podrían haber evitado algunos de los accidentes ocurridos.

Ilustración 27. Seguridad, elementos de protección, conflictos

¿Faltó distribución de epp's?			¿Se presentaron conflictos interpersonales por un mal ambiente laboral?		
SI	1	20%	SI	2	40%
NO	4	80%	NO	3	60%
TOTAL	5	100%	TOTAL	5	100%



Fuente elaboración propia a partir de los resultados de encuesta

En cuanto a la distribución de elementos de protección para los trabajadores, el 80% considero que no hicieron falta y como se observa en la ilustración 27, un 40% de los profesionales que participaron en la encuesta aseguraron que si se presentaron conflictos interpersonales debido a un mal ambiente laboral.

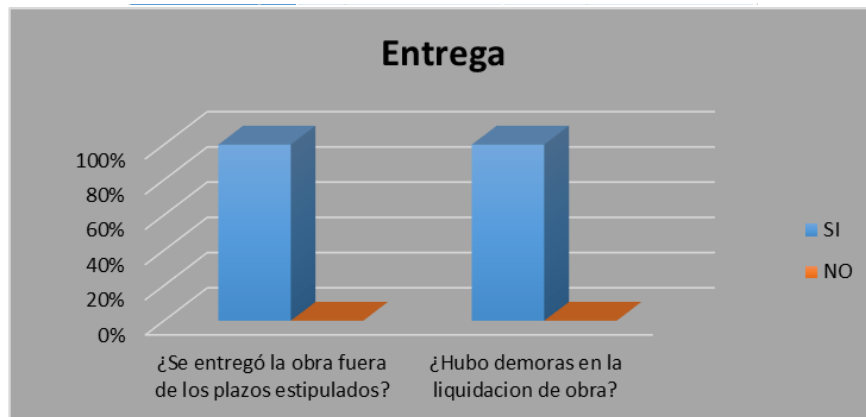
Las preguntas de seguridad son fundamentales para la determinación de otras fuentes de riesgo.

➤ Entrega

Ilustración 28. Entrega, plazos estipulados, descuentos

¿Se entregó la obra fuera de los plazos estipulados?			¿Hubo demoras en la liquidacion de obra?		
SI	5	100%	SI	5	100%
NO	0	0%	NO	0	0%
TOTAL	5	100%	TOTAL	5	100%

¿Se realizaron reparaciones y/o descuentos por trabajos no conformes?		
SI	5	100%
NO	0	0%
TOTAL	5	100%



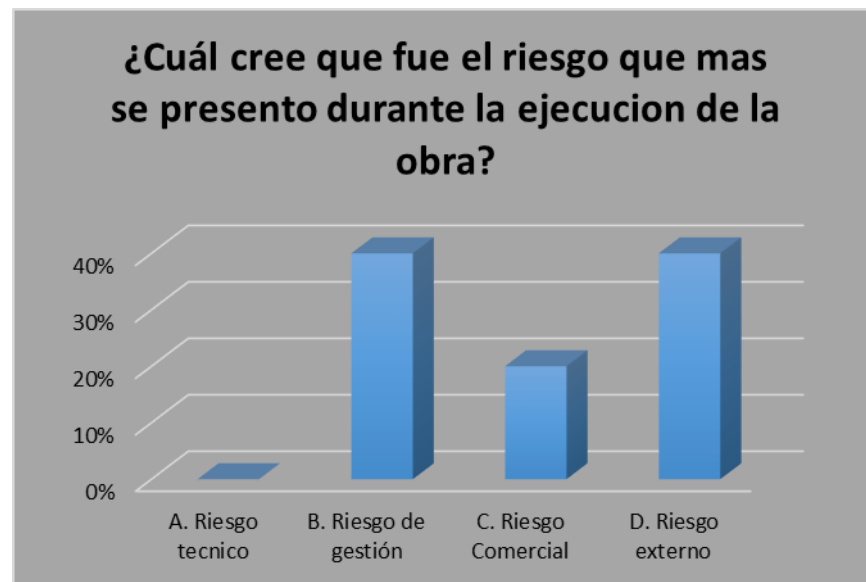
Fuente elaboración propia a partir de los resultados de encuesta

Según la ilustración 28, se pueden observar los resultados obtenidos a las preguntas realizadas con respecto a la fase de entrega, donde el total de los encuestados respondió afirmativamente a la entrega de la obra fuera de los plazos establecidos, así mismo el 100% aseguró que hubo demoras durante el proceso de liquidación de la obra. Finalmente el mismo 100% de los encuestados estuvo de acuerdo con que se realizaron reparaciones y descuentos por trabajos no conformes.

4. ¿Cuál cree que fue el riesgo que más se presentó durante la ejecución de la obra?

Ilustración 29. Riesgo más presente

Opción	Profesional	Porcentaje
A	0	0%
B	2	40%
C	1	20%
D	2	40%
Total	5	100%



Fuente elaboración propia a partir de los resultados de encuesta

Para la cuarta pregunta (ilustración 29), los encuestados debieron seleccionar una de las cuatro opciones posibles, las cuales determinarían, a juicio de cada uno, cual

fue el riesgo que más represento durante la ejecución de obra, obteniendo como resultado que el 40% considero que el riesgo de gestión fue el que más afecto la ejecución del proyecto y en un mismo porcentaje, los encuestados aseguraron que fue el riesgo externo, siendo este un indicativo valioso para que la compañía pueda implementar una cultura de buenas prácticas con respecto a la gestión del riesgo de cada proyecto que determinaran el éxito del mismo.

5. Responda las siguientes preguntas de acuerdo a su experiencia.

Ilustración 30. Gestión de los riesgos

¿Pudieron ser los riesgos en obra fácilmente identificables?			¿Hizo falta un area exclusivamente dedicada a la gestion de los riesgos en las compañía?		
SI	2	40%	SI	2	40%
NO	3	60%	NO	3	60%
TOTAL	5	100%	TOTAL	5	100%



Fuente elaboración propia a partir de los resultados de encuesta

Las respuestas acerca de la gestión de los riesgos, representadas en la ilustración 30, indican que un 60% de los encuestados no cree que hubiera sido fácil identificar los riesgos, así como el mismo porcentaje considera que no es necesario crear un área exclusiva que se dedique a gestionar los riesgos. De acuerdo a estos resultados la compañía debería considerar la percepción que tienen involucrados en la ejecución de la obra, con respecto al éxito de sus proyectos.

Ilustración 31. Correcta gestión de los riesgos

¿Cree que de existir una correcta gestión de los riesgos, no se hubieran presentado retrasos en el proyecto?		
SI	2	40%
NO	3	60%
TOTAL	5	100%



Fuente elaboración propia a partir de los resultados de encuesta

Para la última pregunta acerca de la gestión de los riesgos (ilustración 31), se obtuvo que solo el 40% de los encuestados creen que los retrasos no se hubieran presentado, de haber implementado una correcta gestión de los riesgos, a lo largo de la ejecución del proyecto.

6.6 Matriz de Probabilidad - Impacto

A continuación (ilustración 32, ilustración 33) se presenta la matriz de riesgo mediante la cual se logró determinar el comportamiento de la compañía con respecto a los riesgos para la obra del caso de estudio.

Ilustración 32. Matriz de riesgos

MATRIZ DE PROBABILIDAD DE RIESGOS										
Probabilidad	Severidad									
1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,9	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72	0,81	0,9
0,8	0,08	0,16	0,24	0,32	0,4	0,48	0,56	0,64	0,72	0,8
0,7	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56	0,63	0,7
0,6	0,06	0,12	0,18	0,24	0,3	0,36	0,42	0,48	0,54	0,6
0,5	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
0,4	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2	0,24	0,28	0,32	0,36	0,4
0,3	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
0,2	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2
0,1	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
Impacto	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1

Fuente elaboración propia a partir de la guía PMBOK

Ilustración 33. Convenciones de la matriz de riesgo

Determinación del Riesgo en el proyecto		
0,4	Alto	
0,31	Moderado	
0,1	Bajo	

Fuente elaboración propia a partir de la guía PMBOK

Tabla 8. Análisis cualitativo y acciones de respuesta

MATRIZ ANALISIS DE RIESGO							
No.	CATEGORIA	IDENTIFICACION	EVALUACION CUALITATIVA			RESPUESTA	
		ESCENARIO DE RIESGO	PROBABILIDAD	IMPACTO	SEVERIDAD	RESPUESTA	PLAN DE ACCION DE LA RESPUESTA
1	DISEÑO	CLARIDAD EN EL ALCANCE	40%	80%	32%	MITIGAR	Controlar cada fase de la gestion del alcance aumentado el equipo de trabajo.
		DISEÑOS INCOMPLETOS	40%	90%	36%	MITIGAR	Monitorear cada actualizacion de diseños
		DIVULGACION DE MODIFICACIONES	40%	70%	28%	MITIGAR	Para este riesgo se debe capacitar al personal en cuanto la importancia de la comunicación y el conocimiento que todos los involucrados deben tener en cada actualizacion de modificaciones
		APLICACIÓN DE NORMATIVA VIGENTE	0%	90%	0%	N/A	
2	PLANEACION	ADECUADA DISTRIBUCION DE LOS RECURSOS	60%	80%	48%	EVITAR	Para evitar este riesgo es necesario que el area encargada de la distribucion de los recursos, realice un estudio a conciencia con respecto a las necesidades del proyecto
		FALLAS EN LA PROGRAMACION	100%	80%	80%	EVITAR	Este riesgo se puede evitar delegando al personal idoneo que cuente con la experiencia necesaria realizando cronogramas y programaciones en proyecto similares
		CORRECTA ASIGNACION DE LOS ROLES	40%	70%	28%	MITIGAR	Para mitigar este riesgo se debe contar con el equipo de trabajo adecuado, que tenga claro el rol que desempeñara y su alcance
		PRESENCIA DE LA GESTION DE LOS RIESGOS	100%	70%	70%	EVITAR	Este riesgo lo debe evitar la compañía, implementando y capacitando a todo el personal en el uso de buenas practicas para la gestion de los riesgos
3	CONSTRUCCION	COMPLICACIONES POR EL ESTADO DEL CLIMA	100%	90%	90%	ACEPTAR	Este riesgo se debe aceptar ya que las condiciones climatologicas son impredecibles y no se pueden controlar, se deberan reprogramar algunas actividades que repongan los retrasos al cronograma.
		RETRASO EN LA ENTREGA FINAL DE OBRA	100%	80%	80%	EVITAR	Para mitigar este riesgo se debe revisar los procesos de planeacion y ejecucion principalmente el cumplimiento del cronograma
		CAMBIOS DE DISEÑOS SOBRE EL TIEMPO	40%	70%	28%	ACEPTAR	Este riesgo se debe aceptar ya que los cambios en los diseños no son competencia dl equipo de ejecucion, pero se debera contar con un plan que permita cubrir los retrasos generados por este riesgo
		COMPLICACIONES EN ACTIVIDADES POR ERRORES HUMANOS	80%	70%	56%	MITIGAR	Para mitigar este riesgo se debe aumentar la cantidad de capacitaciones y su frecuencia
		RETRASOS POR FALTA DE RECURSOS	80%	80%	64%	MITIGAR	Para poder mitigar este riesgo se necesita un equipo de trabajo con pleno conocimiento en las necesidades del proyecto y que administre correctamente tanto el recurso humano como el financiero
		OTRO SI POR CANTIDADES ADICIONALES	100%	20%	20%	ACEPTAR	Este riesgo se debe aceptar puesto que no se puede determinar si durante la ejecucion el cliente adicionará mas cantidades
		DIFERENCIAS DE MATERIAL ENCONTRADO CON EL ESTUDIO DE SUELOS	60%	70%	42%	ACEPTAR	Este riesgo es dificil de controlar, así que se debe contar con un plan de trabajo y herramienta que se pueda emplear en los distintos tipos de suelos encontrados
		PROBLEMAS CON EL POLIMERO DE EXCAVACION	100%	80%	80%	MITIGAR	La mejor forma de mitigar este riesgo es seleccionar el mejor producto disponible en el mercado, con el que se pueda trabajar en los distintos tipos de suelo y así mismo capacitar al personal involucrado en su correstro uso
		FALLAS EN LA MAQUINARIA	100%	100%	100%	MITIGAR	Para mitigar este riesgo se debe contar con un plan de mantenimiento para el equipo y maquinaria utilizado, así mismo llevar un registro detallado de las reparaciones realizadas

4	SEGURIDAD (SST)	ACCIDENTES LABORALES POR DESCUIDO	100%	70%	70%	TRANSFERIR	Este riesgo se transferirá al personal encargado del area de seguridad el cual exigirá al personal el cumplimiento de todas las normas de seguridad establecidas
		CAPACITACIONES	40%	30%	12%	TRANSFERIR	Para transferir este riesgo se delegará al personal encargado del area de seguridad y a la entidad aseguradora de riesgos laborales, los cuales deberán coordinadamente ampliar su tematica y programacion de capacitaciones
		DISTRIBUCION DE EPP'S	20%	30%	6%	MITIGAR	Para mitigar este riesgo se debe llevar acabo un registro detallado de la dotacion entregada al personal, asi como la que se necesitará a lo largo de la ejecución.
		CONFLICTOS INTERPERSONALES POR MAL AMBIENTE LABORAL	40%	60%	24%	MITIGAR	Para mitigar este riesgo se debe contar con un comité de convivencia que permita solucionar inconvenientes entre los trabajadores
5	ENTREGA	OBRA ENTREGADA FUERA DE LOS PLAZOS	100%	80%	80%	EVITAR	Para evitar este riesgo es necesario dar cumplimiento al cronograma establecido teniendo en cuenta el alcance del proyecto
		DEMORAS EN LA LIQUIDACION DE OBRA	100%	90%	90%	MITIGAR	Para mitigar este riesgo se debe tener un equipo de trabajo con pleno conocimiento en los pliegos, diseños y el pceso de ejecucion para que pueda tomar medidas pertinentes en cuanto a demoras de liquidacion
		REPARACIONES/DESCUENTOS POR TRABAJOS NO CONFORMES	100%	90%	90%	MITIGAR	Para mitigar el riesgo es necesario capacitar al personal en los aspectos tecnicos y los correctos procesos de ejecucion que deben llevarse a cabo en la construccion de cada elemento
6	ADMINISTRATIVO	MONITOREO Y CONTROL	60%	70%	42%	EVITAR	Para evitar este riesgo es necesario contar con un equipo de trabajo encargado exclusivamente a realizar el monitoreo pertinente a los procesos realizados y que puedan asi enfocarse en eliminar las causas de una mala ejecucion
		IDONEIDAD DE LOS PROFESIONALES	10%	80%	8%	TRANSFERIR	Este riesgo se puede transferir al area encargada de la busqueda del personal idoneo para cada actividad que se realizara durante la ejecucion de la obra
		COMPROMISO DE LOS PROFESIONALES	20%	70%	14%	MITIGAR	Para mitigar este riesgo se debe fomentar y crear una cultura de compromiso con la compañía y con el proyecto a realizar, enfocandose en cumplir con los objetivos del proyecto
		CUMPLIMIENTO DE LOS PLANES DE CALIDAD	10%	90%	9%	TRANSFERIR	Este riesgo se puede transferir al equipo de trabajo destinado para velar por la ejecucion de las actividades dentro de los parametros de calidad ya establecidos

Determinacion del riesgo del proyecto		
Moderado	2	7,14%
Alto	15	53,57%
Bajo	11	39,29%
		100,00%

Fuente elaboración propia a partir de la información recopilada

En la tabla 8, se representó el porcentaje de probabilidad e impacto para cada riesgo, obteniendo la severidad y así mismo su respectiva respuesta con el plan de acción para cada uno.

De acuerdo a el análisis cualitativo y sus acciones de respuesta a los escenarios de riesgo, se puede interpretar que el proyecto de ejecución de obra de cimentación objeto de estudio, representa un riesgo alto ya que de los 28 escenarios de riesgo analizados, 15 de estos equivalentes al 53.57% se catalogaron como riesgo alto.

6.7 Checklist de riesgos y su efecto

Con partir de la información recopilada mediante las encuestas aplicadas a los profesionales y la categorización de los riesgos, se organizó la información en la tabla 9, la cual permite determinar si el riesgo puede afectar directamente al proyecto.

Tabla 9. Checklist de riesgos

CATEGORIA	SUBCATEGORIA	EJEMPLOS DE RIESGOS	¿PODRIA EL RIESGO AFECTAR EL PROYECTO? SI, NO, NO SE SABE, NO APLICA
1. Riesgo Técnico	1.1 Geología y Geotécnica	Arenas finas pueden aglutinarse y comprometer el elemento en construcción	SI
	1.2 Equipo y Herramientas	Los equipos podrían fallar	SI
2. Riesgo de Gestión	2.1 Dirección de Proyectos	El director del proyecto puede no cumplir con su rol	NO SE SABE
	2.2 Organización	El recurso humano no sea idóneo para el desarrollo de cada actividad	NO SE SABE
3. Riesgo Comercial	3.1 Financiero	Los recursos no son suficientes	SI
	3.2 Subcontratos	Incumplimiento del alcance de los subcontratos	SI
	3.3 Términos y condiciones contractuales	Podría no haber claridad los términos del contrato	SI
4. Riesgo Externo	4.1 Ambiental	Las condiciones climatológicas podrían variar	SI
	4.2 Instalaciones	Podría las instalaciones afectar la instalación de obra	NO SE SABE
	4.3 Normativo	Incumplimiento de la normatividad administrativa de la compañía	NO

Fuente elaboración propia a partir del PMBOK

6.8 Planificar la respuesta a los riesgos

A continuación en la tabla 10, se representan los riesgos y la acción de respuesta a los mismos:

Tabla 10. Respuesta a los escenarios de riesgo

ESCENARIOS DE RIESGO	ACCION A LA RESPUESTA
El equipo de trabajo no realizo la correcta definición del alcance lo cual generó atrasos y actividades adicionales	Controlar cada fase de la gestión del alcance aumentado el equipo de trabajo.
Durante la actualización de los diseños, no se siguieron los procedimientos adecuados, lo que hizo que llegaran a obra diseños incompletos	Monitorear cada actualización de diseños
En la fase de socializar las modificaciones en los diseños pertinentes, no se divulgo correctamente a todos los miembros del equipo de trabajo, desencadenando así un entorpecimiento en las actividades.	Para este riesgo se debe capacitar al personal en cuanto la importancia de la comunicación y el conocimiento que todos los involucrados deben tener en cada actualización de modificaciones
El equipo de trabajo encargado de la asignación de los recursos, no contemplo todos los requerimientos de la obra lo cual ocasionó que los recursos no se distribuyeran adecuadamente, retrasando la ejecución de algunas actividades	Para evitar este riesgo es necesario que el área encargada de la distribución de los recursos, realice un estudio a conciencia con respecto a las necesidades del proyecto
Durante la fase de planeación, el área encargada cometió fallas en la realización del cronograma generando así un sobrecosto al inicialmente estimado	Este riesgo se puede evitar delegando al personal idóneo que cuente con la experiencia necesaria realizando cronogramas y programaciones en proyecto similares
Para la asignación de roles no se tuvo en cuenta la experiencia e idoneidad necesaria para este tipo de proyecto, lo cual llevo a entorpecer ciertas actividades	Para mitigar este riesgo se debe contar con el equipo de trabajo adecuado, que tenga claro el rol que desempeñara y su alcance
Dentro de la compañía no existe un equipo de trabajo asignado a la gestión de los riesgo, factor que determino en gran medida el atraso a lo largo y en la finalización de la obra	Este riesgo lo debe evitar la compañía, implementando y capacitando a todo el personal en el uso de buenas prácticas para la gestión de los riesgos
Durante la ejecución de la obra se presentó una fuerte temporada invernal ocasionando retraso en las actividades de obra	Este riesgo se debe aceptar ya que las condiciones climatológicas son impredecibles y no se pueden controlar, se deberán reprogramar algunas actividades que repongan los retrasos al cronograma.

Debido a problemas durante la fase de planeación y ejecución la entrega final de la obra se retaso, factor que conlleva a un sobrecosto	Para mitigar este riesgo se debe revisar los procesos de planeación y ejecución principalmente el cumplimiento del cronograma
El equipo de diseño realizó distintos cambios durante la fase de ejecución lo que generó un atraso por realización de actividades no contempladas	Este riesgo se debe aceptar ya que los cambios en los diseños no son competencia del equipo de ejecución, pero se deberá contar con un plan que permita cubrir los retrasos generados por este riesgo
Durante la fase de ejecución el personal involucrado cometió errores que generaron atrasos en determinadas actividades	Para mitigar este riesgo se debe aumentar la cantidad de capacitaciones y su frecuencia
El equipo de trabajo desconoció las necesidades específicas del proyecto lo que llevó a que se presentara una falta en el recurso humano y financiero, ocasionando retrasos en muchas actividades	Para poder mitigar este riesgo se necesita un equipo de trabajo con pleno conocimiento en las necesidades del proyecto y que administre correctamente tanto el recurso humano como el financiero
A lo largo de la ejecución de la obra el cliente decidió adicionar cantidades que no estaban contempladas en el contrato inicial, generando la creación de un otrosí y por ende un alargamiento de la programación	Este riesgo se debe aceptar puesto que no se puede determinar si durante la ejecución el cliente adicionará más cantidades
Durante el proceso de excavación se halló un material diferente al especificado en el estudio de suelos para el cual se requirió fluido de excavación diferente al planeado añadiendo un sobrecosto al presupuesto	Este riesgo es difícil de controlar, así que se debe contar con un plan de trabajo y herramienta que se pueda emplear en los distintos tipos de suelos encontrados
El polímero de excavación usado se adquirió específicamente para la ejecución de la obra, donde no se preparó al personal encargado correctamente sobre su uso generando problemas durante la excavación	La mejor forma de mitigar este riesgo es seleccionar el mejor producto disponible en el mercado, con el que se pueda trabajar en los distintos tipos de suelo y así mismo capacitar al personal involucrado en su correcto uso
A las máquinas destinadas para la ejecución de la obra no se les realizó los mantenimientos requeridos por horas de trabajo ocasionando fallas en su funcionamiento debido a rupturas de piezas lo que generó demoras para realizar las reparaciones pertinentes	Para mitigar este riesgo se debe contar con un plan de mantenimiento para el equipo y maquinaria utilizado, así mismo llevar un registro detallado de las reparaciones realizadas
Durante la realización de varias actividades el trabajador que operaba maquinaria no prestó atención a la señalización de obra ocasionando un accidente laboral que involucró a dos personas más	Este riesgo se transferirá al personal encargado del área de seguridad el cual exigirá al personal el cumplimiento de todas las normas de seguridad establecidas

Debido a los plazos estipulados de entrega de obra, el área de seguridad no programó las capacitaciones suficientes, lo cual generó desconocimiento en muchas normas de seguridad siendo esto un factor que contribuyó a los accidentes laborales	Para transferir este riesgo se delegará al personal encargado del área de seguridad y a la entidad aseguradora de riesgos laborales, los cuales deberán coordinadamente ampliar su temática y programación de capacitaciones
El área encargada del recurso financiero no realizó la distribución correcta de elementos de protección, exponiendo así a los trabajadores a un accidente laboral, lo cual se vio reflejado en los múltiples accidentes ocurridos	Para mitigar este riesgo se debe llevar a cabo un registro detallado de la dotación entregada al personal, así como la que se necesitará a lo largo de la ejecución.
La compañía no cuenta con un comité de convivencia la cual podría haber solucionado los inconvenientes que surgieron entre el personal y estos no habían afectado la realización de las distintas actividades	Para mitigar este riesgo se debe contar con un comité de convivencia que permita solucionar inconvenientes entre los trabajadores
Desde la fase de planeación, el cronograma no contempló muchos escenarios de riesgo a los que se enfrentó la obra, lo cual conllevó a que se excediera el plazo de entrega de la misma	Para evitar este riesgo es necesario dar cumplimiento al cronograma establecido teniendo en cuenta el alcance del proyecto
El equipo de trabajo con el que cuenta la compañía destinado al proceso de la liquidación de obra, no contaba con el conocimiento suficiente en cuanto a las condiciones especiales del proyecto haciendo más demorado el proceso de liquidación de la misma	Para mitigar este riesgo se debe tener un equipo de trabajo con pleno conocimiento en los pliegos, diseños y el proceso de ejecución para que pueda tomar medidas pertinentes en cuanto a demoras de liquidación
Durante la ejecución de algunos de los elementos de cimentación, se observó que el personal involucrado no poseía los conocimientos técnicos suficiente, viéndose reflejado en las reparaciones de los mismos que fueron necesarias al finalizar la obra, generando en el proyecto un sobre costo	Para mitigar el riesgo es necesario capacitar al personal en los aspectos técnicos y los correctos procesos de ejecución que deben llevarse a cabo en la construcción de cada elemento
El área encargada de la distribución de los recursos no destinó un personal exclusivo para el proceso de monitoreo y control lo que conllevó a fallas en la realización de algunos procesos	Para evitar este riesgo es necesario contar con un equipo de trabajo encargado exclusivamente a realizar el monitoreo pertinente a los procesos realizados y que puedan así enfocarse en eliminar las causas de una mala ejecución
Al finalizar la ejecución de la obra de cimentación se determinó que no todo el personal encargado era el idóneo para la labor desempeñada siendo este un factor más en los atrasos y problemas técnicos que se presentaron	Este riesgo se puede transferir al área encargada de la búsqueda del personal idóneo para cada actividad que se realizara durante la ejecución de la obra
Los profesionales involucrados en el proyecto no siempre demostraron su compromiso con el	Para mitigar este riesgo se debe fomentar y crear una cultura de compromiso con la compañía y con el proyecto a realizar,

mismo, viéndose reflejado en los resultados de atrasos y sobrecostos que se presentaron	enfocándose en cumplir con los objetivos del proyecto
Los planes de calidad no siempre se cumplieron como lo estipula la compañía, lo cual fue un factor que influyó en la cantidad de trabajos no conformes	Este riesgo se puede transferir al equipo de trabajo destinado para velar por la ejecución de las actividades dentro de los parámetros de calidad ya establecidos

Fuente elaboración propia a partir de la información recopilada

6.9 Respuesta a la pregunta de investigación

La pregunta de investigación del trabajo es: ¿Cuáles son los riesgos más comunes que se pueden presentar y cómo analizarlos cualitativamente, en la construcción de una obra específica, de cimentación profunda para edificación en Bogotá DC?

A lo largo del desarrollo del presente proyecto, mediante encuestas realizadas a los profesionales involucrados, se logró identificar los principales riesgos a los que se enfrentó la obra durante su ejecución, de los cuales se definieron los escenarios de riesgo que se evaluaron cualitativamente y mediante la matriz de riesgo se determinó su probabilidad e impacto. Posteriormente se generaron las posibles respuestas y su plan de acción para cada uno de los escenarios de riesgo.

7. NUEVAS AREAS DE ESTUDIO

A partir de este trabajo se puede generar un análisis cuantitativo de los riesgos en obras de cimentación profunda.

Así mismo se puede implementar un análisis del mismo tipo para otros tipos de proyectos de construcción.

8. CONCLUSIONES

A partir de la investigación realizada se logró identificar y analizar cualitativamente los riesgos, presentes durante la ejecución de una obra de cimentación en la ciudad de Bogotá.

Se desarrolló la matriz de riesgos conforme a lo indicado en la guía PMBOK, registrando los escenarios de riesgo hallados mediante la aplicación de las encuestas, lo cual permitió determinar la probabilidad de que el riesgo se presentara, así como de su impacto en el proyecto.

Se planteó los posibles planes de acción a las respuestas dadas para cada escenario de riesgos catalogados como bajo, moderado y alto.

La compañía ejecutora de la obra de cimentación, podrá adoptar las acciones de respuesta a los escenarios de riesgo para el caso de estudio en función de lograr el cumplimiento de los objetivos de las obras futuras de características similares.

De igual forma, con el análisis cualitativo realizado mediante las encuestas aplicadas a los profesionales que intervinieron en la ejecución de la obra caso de estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

Se determina que un 60% de los profesionales no conocen una matriz de riesgo, factor determinante sobre los resultados finales de la ejecución de la obra.

Se establece que la totalidad de los encuestados afirmaron que el estado del clima constituye un elemento de alto riesgo para la ejecución de la obra, lo cual supondría ejecutar el plan de respuesta cuando este riesgo ocurra.

Se comprueba que el atraso que sufrió la obra, fue debido a distintos factores generados por los escenarios de riesgos que se presentaron y la inadecuada acción de respuesta a los mismos, haciéndose visible una oportunidad de mejora en cuanto a su sistema de capacitaciones a los profesionales y la divulgación de una cultura de buenas prácticas en gestión de los riesgos.

De acuerdo a la información obtenida a partir del cuestionario realizado a los profesionales, se logró determinar que uno de los riesgos más frecuentes está relacionado a las fallas en la maquinaria y su tardía acción de respuesta, donde si bien toda máquina empleada en este tipo de obra esta propensa a sufrir una avería, es una rápida solución lo que determina el impacto del riesgo en la ejecución del proyecto.

Se determinó que las condiciones geológicas del terreno no siempre coinciden con lo descrito en el estudio de suelos, lo cual supondría un riesgo si no se tiene el conocimiento suficiente en cuanto al tratamiento adecuado para cada tipo de suelo.

Se comprobó que uno de los factores determinantes en el éxito del proyecto es el buen manejo del recurso humano, el cual si no se le da un tratamiento adecuado se puede convertir en un riesgo afectando el desarrollo del mismo. De igual forma se pudo determinar que la mala gestión de los recursos (financiero y humano), desencadenan muchos de los escenarios de riesgos que generalmente afectan a los proyectos de este tipo.

Finalmente se logró concluir que una inadecuada o escasa gestión de los riesgos influye en que el proyecto se lleve a cabo exitosamente, dando cumplimiento al alcance estipulado, dentro de los plazos y costos provistos en la etapa de planeación.

9. BIBLIOGRAFÍA

- (1) P. Antonio José Carpio de los, & M. González García. «Análisis Crítico de Los Métodos de Evaluación de Riesgos Aplicados a Obras de Construcción» Revista de La Construcción 16, 2017
- (2) R. Rebollar, I. Lidón, A. Pérez, « Identificación de causas de riesgo en la gestión de grandes proyectos de construcción en España » Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, España, 2012
- (3) A. Gómez, N Quintana, J. Ávila, «Simulación de eventos discretos y líneas de balance, aplicadas al mejoramiento del proceso constructivo de la cimentación de un edificio» Universidad Eafit, 2015
- (4) Garzón, I. R., Rodríguez, B. C., & Fiestas, M. M. «Riesgo percibido en la construcción en España y Perú: un estudio exploratorio». Revista Salud UIS, 2014.
- (5) P. Lledó, «Ventajas de administrar los riesgos de un proyecto,» 01 Enero 2015. <http://pablolledo.com/content/articulos/05-01-15-Gestion-de-Riesgo-Lledo.pdf>.
- (6) Project Management Institute, Inc., La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK), sexta edición., Pennsylvania EE.UU.: Project Management Institute, Inc., 2017.
- (7) R. F. H. P. García J, «Gestión de riesgos en proyectos de construcción» Universidad de Sonora, Antofagasta-Chile, 2010.
- (8) Luévanos Rojas, A., López Chavarría, S., Medina Elizondo, M. « Diseño óptimo para zapatas aisladas rectangulares usando la presión real del suelo » Universidad Nacional de Colombia, 2017
- (9) J. Calavera, Calculo de estructuras de cimentación, cuarta edición, Madrid, España, 2000
- (10) J. Nij, «Guía práctica para el cálculo de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas» Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2009
- (11) V. Yepes, «Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención» Universidad Politécnica de Valencia, Valencia-España, 2016
- (12) www.socialhizo.com
- (13) www.google.com/maps

- (14) Echeverri Urquijo, H. A., & Yepes Palacio, D. L. «Factores De Riesgo en Obras De Construcción Del Área Metropolitana Del Valle De Aburrá» Revista Politécnica, Colombia, 2011
- (15) JW. Kestel, «Evaluación de riesgos: desarrollo de la evaluación adecuada para su organización» Congreso Global PMI, Cancún, México, 2007
- (16) G. Correa, E. Ríos, J. Acevedo, «Evolución de la cultura de la gestión de riesgos en el entorno empresarial colombiano» Journal of Engineering and technology, 2017
- (17) M. Casero, «Análisis, valoración y prevención de los riesgos inherentes a los grandes proyectos de infraestructura internacionales» España, 2014
- (18) G. Rodríguez, «Modelo para la gestión del riesgo geológico en los procesos constructivos y de infraestructura» Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Cuba, 2009
- (19) Torres, A., López, A., Carbonell, A., Martínez M., Ordoñez, I. «Propuesta metodológica para el análisis del riesgo dentro de los planes de prevención» Instituto Superior de Relaciones Internacionales, Cuba, 2012
- (20) J. Moreno, J. Secchi, P. Moretti, «Gestión de riesgos en la construcción del edificio de arquitectura y mecatrónica con el aporte de técnicas BIM» Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina, 2018
- (21) Arabpour, M., Moselhi, O. «Modelo de soporte para toma de decisión para la evaluación de madurez del riesgo en organizaciones de construcción», Suiza, 2020
- (22) N. Rudeli, E. Viles, J. Gonzalez, A. Santilli, «Causas de Retrasos en Proyectos de Construcción: un Análisis Cualitativo» Universidad de Montevideo, 2018
- (23) G. Martínez, «Gestión del riesgo en proyectos de ingeniería. El caso del campus universitario pts. Universidad de granada (España)» Universidad Nacional de Colombia, 2012
- (24) P. Fernández, J. Moyano, M. Chaza, «Gestión de riesgos de costes de posconstrucción en edificios residenciales en alquiler» Universidad de Sevilla, España, 2019
- (25) F. Rodríguez, P. Hruškovič, J. García, «Gestión de riesgos geotécnicos para los proyectos de edificación en Eslovaquia. Cuestionario para estimación cualitativa de riesgos» Universidad Politécnica de Madrid, España, 2008
- (26) H. Hamburguer, I. Puerta, «Plan de gestión de riesgos constructivos en edificaciones institucionales bajo los lineamientos del PMI» Universidad de Cartagena, 2014

- (27) M. Aguirre, «La gestión de riesgos y el éxito del proyecto de construcción de la infraestructura académica y administrativa de la universidad nacional de Jaén, provincia de Jaén, región Cajamarca» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú, 2019
- (28) M. Ojeda, «Gestión de riesgos para obras geotécnicas en taludes» Escuela de Ingeniería Civil, Ecuador, 2014
- (29) A. Duarte, «Gestión de riesgos para el control del cronograma y costos de obras en centros de salud» Universidad San Ignacio de Loyola, Perú, 2019
- (30) V. Santos «Implementación de sistema de gestión de riesgos en construcción de edificio multifamiliar» Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú, 2015
- (31) S. Jerez «Desarrollo de una matriz de riesgos genérica para su implementación en proyectos de construcción bajo metodología pmi: un estudio de caso en Bogotá» Universidad Católica de Colombia, 2019
- (32) Y. Rojas, J. Sánchez «Análisis cualitativo de riesgos en las fases constructivas de vivienda rural implementando los lineamientos de la guía del PMBOK» Universidad Católica de Colombia, 2019
- (33) A. Bastidas, D. Capador «Análisis cualitativo de riesgos en proyectos de vivienda unifamiliar» Universidad Católica de Colombia, 2017