RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Yeinith Lorena Acosta Manzano
FACULTAD	**Facultad de Ingenierías**
PLAN DE ESTUDIOS	**Ingeniería Civil**
DIRECTOR	Ing. Pedro Nel Angarita Uscategui
TÍTULO DE LA TESIS	**Propuesta metodológica para la estimación de costos de los imprevistos en los presupuestos de obras para la construcción de obras civiles basado en riesgos técnicos**
TITULO EN INGLES	Methodological proposal for estimating costs of unforeseen events in works budgets for the construction of civil works based on technical risks

RESUMEN
(70 palabras)

Conforme a dichos criterios, la investigación se sustenta en la necesidad de formular una propuesta metodológica para la estimación de costos de los imprevistos en los presupuestos de obras verticales basada en riesgos técnicos para la región del Catatumbo, partiendo de los métodos de estimación de costos e imprevistos en los presupuestos de construcción de obras civiles verticales, siendo pertinente el mismo conforme al aporte en el mejoramiento de la eficiencia, rentabilidad y calidad de los proyectos de construcción, así como las capacidades, abordar los desafíos comunes de la industria de manera más efectiva.

RESUMEN EN INGLES

According to these criteria, the research is based on the need to formulate a methodological proposal for the estimation of costs of unforeseen events in budgets for vertical works based on technical risks for the Catatumbo region, based on the methods of estimating costs and unforeseen events in the construction budgets of vertical civil works, being pertinent to the contribution to improving the efficiency, profitability and quality of construction projects, as well as the capabilities to address common challenges in the industry more effectively.

PALABRAS CLAVES	Estimación, costos, imprevistos, presupuestos, obras verticales.
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Estimate, costs, unforeseen events, budgets, vertical works.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 154	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 0	CD-ROM: 0

Propuesta metodológica para la estimación de costos de los imprevistos en los presupuestos de obras para la construcción de obras civiles basado en riesgos técnicos

Yeinith Lorena Acosta Manzano

Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña

Ingeniería Civil

Ing. Pedro Nel Angarita Uscategui

16 de septiembre del 2024

Índice

Capítulo 1. Propuesta metodológica para la estimación de costos de los imprevistos en los presupuestos de obras para la construcción de obras civiles basado en riesgos técnicos 8
1.1 Planteamiento del problema 8
1.2 Formulación del problema 11
1.3 Objetivos 11
1.3.1 Objetivo general 11
1.3.2 Objetivos específicos 11
1.4 Justificación 11
1.5 Delimitaciones 13
1.5.1 Delimitación operativa 13
1.5.2 Delimitación Conceptual 13
1.5.3 Delimitación Geográfica 13
1.5.4 Delimitación Temporal 13
Capítulo 2. Marco referencial 14
2.1 Marco Histórico 14
2.1.1 Antecedentes Internacionales 14
2.1.2 Antecedentes Nacionales 16
2.1.3 Antecedentes Locales 18
2.2 Marco conceptual 18
2.2.1 Imprevistos en la Construcción 18
2.2.2 Riesgos Técnicos 19
2.2.3 Estimación de Costos de Imprevistos 19

2.2.4 Metodología Basada en Riesgos Técnicos 19
2.2.5 Identificación de Riesgos Técnicos 19
2.2.6 Evaluación de Riesgos Técnicos 20
2.2.7 Cuantificación de Costos de Imprevistos 20
2.2.8 Incorporación en el Presupuesto de Obra 20
2.2.9 Identificación de riesgos 21
2.2.10 Control de riesgos 21
2.3 Marco contextual 22
2.4 Marco teórico 22
2.4.1 Sistemas de gestión del riesgo técnico 23
2.4.2 Eventos inesperados o imprevistos 23
2.4.3 Clasificación de riesgos 24
2.4.4 Tecnología de gestión de riesgos 24
2.5 Marco legal 26
Capítulo 3. Diseño metodológico 28
3.1 Tipo de Investigación. 28
3.2 Población. 29
3.3 Muestra 29
3.4 Técnicas de recolección de información 30
3.5 Análisis de información. 30
Capítulo 4. Presentación de Resultados 32
4.1 Identificación de las Diferentes Metodologías Referentes a la Gestión de Riesgos, a Través del Estado del Arte Para la Estimación Del Costo de los Imprevistos en los Presupuestos de

Obras Verticales 32

4.1.1 Metodología PMI (Project Management Institute) 36

4.1.2 La metodología AR (Action- Research) técnica 40

4.1.3 Metodológica para el cálculo del AIU 48

4.1.4 Metodología PERT 54

4.2 Desarrollar la estructura metodología mediante herramientas técnicas, para la estimación del costo de los imprevistos en los presupuestos de obras verticales teniendo en cuenta los riesgos técnicos 62

4.3 Aplicar la metodología desarrollado a un presupuesto de obra civil vertical, mediante una simulación de los diferentes escenarios para la estimación de los cotos de improviso 96

Conclusiones 130

Recomendaciones 132

Referencias 134

Apéndices 139

Lista de Figuras

Figura 1. Método de muestreo aleatorio 26

Figura 2. Procesos para seguimiento de costos 41

Figura 3. Realizar planeación de costos 43

Figura 4. Propuesta metodológica para el cálculo AIU 52

Figura 5. Proceso cíclico del control de costos 56

Figura 6. Valor ganado y costos reales 60

Figura 7 . Metodología propuesta 70

Figura 8. Distribución uniforme 81

Figura 9. Ejemplo de tipos de distribución 93

Figura 10. Algunos riesgos que se encuentran en una obra vertical 93

Figura 11. Muestra de análisis de comparación de proyectos realizados en el país 95

Figura 12. Matriz de probabilidad de impacto 100

Figura 13. Matriz de probabilidad de impacto 103

Figura 14. Actividades 106

Figura 15. Distribución de probabilidad de los imprevistos 121

Figura 16 Contibucion a la varianza 122

Figura 17. Imprevistos al 10% vrs imprevistos recalculados 128

Lista de tablas

Tabla 1. Nivel de confianza 30

Tabla 2. Cálculos de los costos de los previstos en los presupuestos de obras verticales 32

Tabla 3 Estudios y diseños para la construcción de aulas, comedor, batería sanitaria, muro de contención y sistema solar fotovoltaico de la sede educativa del corregimiento la vega de san Antonio del municipio de la playa de belén norte de Santander 44

Tabla 4 Ejemplo de costos de presupuesto 53

Tabla 5. Proyectos analizados 64

Tabla 6. Empresas constructoras identificadas en la región del Catatumbo 66

Tabla 7. Información detallada de algunas empresas constructoras de la región del Catatumbo . 68

Tabla 8. Aplicación de la metodología 72

Tabla 9. Probabilidades de exceder el monto de reservas típicas 90

Tabla 10. Actividades más frecuentes 94

Tabla 11. EDR 96

Tabla 12. Matriz de Probabilidad x Impacto 99

Tabla 13. Severidad de los riesgos identificados 101

Tabla 14. Rangos de Variación en la Duración de Actividades 104

Tabla 15. Identificación de riesgos 107

Tabla 16. Presupuesto del proyecto 109

Tabla 17. Presupuesto del proyecto 114

Tabla 18. Presupuesto ajustado para imprevistos 123

Lista de apéndices

Apéndice A. Percentiles 140

Apéndice B. Proyecto 2..... 141

Capítulo 1. Propuesta metodológica para la estimación de costos de los imprevistos en los presupuestos de obras para la construcción de obras civiles basado en riesgos técnicos

1.1 Planteamiento del problema

El presupuesto de obra en aquellas empresas cuyo objeto es la construcción hace referencia a la estimación de los recursos que se necesitan para la ejecución de proyectos, calculándose todas las actividades propias de ingeniería y totalizando el costo total de la obra. Afirma, (Gómez & Orobio, 2015) que este tipo de herramientas permite determinar el consumo de mano de obra, materiales, uso de maquinaria y equipos, calculándose los posibles imprevistos, gastos administrativos y utilidad esperada.

A partir de allí, es necesario que el presupuesto se realice de forma realista y proveer a la empresa de una solución óptima que permita conocer la línea base de costos y las herramientas para hacer el control sobre la variación de costos (Ochoa & Alvarado, 2021). Todo esto sujeto a la dirección que hace control interno en las empresas constructoras, antes variaciones no esperadas en los presupuestos de obra o en los sobrecostos durante la fase de ejecución que pueden reducir el flujo de caja, el capital de trabajo y los activos (Flórez & Ruedas, 2022)

Ante este tipo de situaciones, la óptima gestión del presupuesto de obra reduce la posibilidad de incertidumbre en las variaciones que se pueden dar durante el proceso de ejecución de la obra (Jacinto, 2019). Así como de un análisis concreto en relación con los resultados en la fase de ejecución y el presupuesto proyecto para el mismo.

Dentro del presupuesto de obra, se contemplan los costos que pueden agruparse según el vínculo sostenido con proyecto, siendo de carácter directo o indirecto. Los directos se relaciona

directamente con la obra, y los indirectos representan un porcentaje dentro de los presupuestos de obra para estimar los costos del capital humano, recursos físicos, etc.

En referencia con dichos gastos, afirma Parviz, (2002) que;

> “ los costos indirectos incluyen todos los costos de infraestructura para el capital humano y los recursos físicos que estos necesitan, y que son fundamentales para desarrollar el proyecto; como ejemplo puede clasificarse en esta categoría el personal administrativo que ejecuta la obra, computadores, fax , escáner , instalaciones provisionales de electricidad, sanitarias y agua potable, servicios públicos, pólizas e impuestos.” , de acuerdo a este concepto la estimación de los costos indirectos se convierte en un factor primordial para establecer un presupuesto de obra civiles.

De otra parte, la estimación de los costos de imprevistos es una función compleja y subjetiva, toda vez que conlleva la identificación de diferentes tipos de variables técnicas, ambientales y operativas que pueden afectar el avance de la obra. Además, la falta de un enfoque fuerte y coherente para abordar estos riesgos técnicos dificulta la toma de decisiones informadas durante la fase presupuestaria.

La situación se torna en un mayor grado de complejidad, a nivel nacional, pues se estima que la determinación de imprevistos, generalmente es una actividad tomada sin sustento y argumento técnico, tanto así que se asumen en algunos proyectos de obra un valor en cero pesos, para la estimación de imprevistos.

Al revisar la regulación normativa sobre la materia, se pudo establecer que dentro del Decreto 734 de 2012, que fue derogado por el Decreto 1510 de 2013, que, durante la elaboración del presupuesto de obra, la planificación es una etapa clave para garantizar el éxito del proyecto;

o, por lo contrario, que pueden afectar negativamente los costos y cronogramas del proyecto, lo que a menudo resulta en importantes retrasos y sobrecostos.

En la región del Catatumbo, especialmente en los municipios de mayor complejidad por su ubicación, el impacto del conflicto armado, la corrupción, entre otros factores, han llevado a las malas prácticas en la planeación y ejecución de obras, permeando negativamente en el desarrollo económico y afectando los recursos públicos.

En tal sentido, el impacto financiero de los sobrecostos que conlleva la falta de estimación de los imprevistos puede tener un impacto significativo en la rentabilidad de un proyecto, y la viabilidad financiera de una empresa constructora; aun cuando la necesidad de un enfoque estructurado en el desarrollo sistemático para integrar la gestión de riesgos técnicos en el proceso presupuestario, para la planificación y toma de decisiones en los proyectos.

Los resultados evidenciados en el sobrecostos en la ejecución de las obras en dicha región, se debe a la falta de un enfoque claro y estructurado, para estimar los costos de imprevistos en los presupuestos de construcción en el entorno de la construcción de ingeniería civil basada en riesgos técnicos, debido a la determinación subjetiva de los costos, la falta de datos históricos confiables sobre proyectos similares, obstaculizando la capacidad de las empresas constructoras para sustentar los proyectos actuales en experiencias pasadas.

De esta forma, la investigación se sustenta en la necesidad de formular una propuesta metodológica para la estimación de costos de los imprevistos en los presupuestos de obras verticales basada en riesgos técnicos para la región del Catatumbo.

1.2 Formulación del problema

¿Cuáles serían los requerimientos técnicos en la formulación de una propuesta metodológica en la estimación de los costos asignados a los imprevistos en los presupuestos de obras verticales teniendo en cuenta los riesgos técnicos para la región del Catatumbo?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar una propuesta metodológica que nos permita la estimación de los costos de los asignados a los imprevistos en presupuestos de obras verticales, teniendo como base los riesgos técnicos para la región del Catatumbo.

1.3.2 Objetivos específicos

Identificar las diferentes metodologías referentes a la gestión de riesgos, a través del estado del arte para la estimación del costo de los imprevistos en los presupuestos de obras verticales.

Desarrollar la estructura metodología mediante herramientas técnicas, para la estimación del costo de los imprevistos en los presupuestos de obras verticales teniendo en cuenta los riesgos técnicos.

Aplicar la metodología desarrollado a un presupuesto de obra civil vertical, mediante una simulación de los diferentes escenarios para la estimación de los cotos de imprevisto.

1.4 Justificación

El sector de la construcción en Colombia, es uno de los más influyentes en la economía del país, máxime cuando se trata del desarrollo de obras en el sector público, que generan un

impacto en la sociedad y en los recursos públicos. A partir de allí, la aplicación de los principios legales, como de buenas prácticas en la gestión, planeación y ejecución de las obras.

En la actualidad, existe una necesidad urgente de abordar presupuestos con menor grado de incertidumbre en cuanto a imprevistos para mejorar la eficiencia y la competitividad de la estimación de costos; debido a esto, existe la necesidad de desarrollar una propuesta metodológica que aborde estos desafíos y proporcione un marco sólido para estimar los costos de los imprevistos en los presupuestos de construcción, mejorando así la gestión de proyectos de construcción y reduciendo los riesgos técnicos asociados.

La formulación de una propuesta metodológica permite gestionar los riesgos técnicos en los presupuestos de construcción en obras verticales, permitiendo identificar problemas potenciales de manera temprana y asignar recursos para mitigar los riesgos, logrando un mayor grado de eficiencia en la ejecución.

Conforme a dichos criterios, la investigación se sustenta en la necesidad de formular una propuesta metodológica para la estimación de costos de los imprevistos en los presupuestos de obras verticales basada en riesgos técnicos para la región del Catatumbo, partiendo de los métodos de estimación de costos e imprevistos en los presupuestos de construcción de obras civiles verticales, siendo pertinente el mismo conforme al aporte en el mejoramiento de la eficiencia, rentabilidad y calidad de los proyectos de construcción, así como las capacidades, abordar los desafíos comunes de la industria de manera más efectiva.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación operativa

Dentro de la delimitación operativa se utilizará el modelo del PMI como apoyo para crear la metodología del proyecto, atreves de herramientas tecnológicas como el uso de Excel, para el análisis de reserva del imprevisto, tomado presupuestos de diferentes empresas constructoras para el estudio.

1.5.2 Delimitación Conceptual

Para el desarrollo de este trabajo se abordaron conceptos como: gestión de riesgos, imprevistos, estimación de costos, rentabilidad, viabilidad financiera, presupuestos de obra, riegos técnicos, costos indirectos, sobrecostos.

1.5.3 Delimitación Geográfica

El caso de estudio se desarrollará la región de la Catatumbo, seleccionando para ello 20 empresas constructoras.

1.5.4 Delimitación Temporal

El tiempo estipulado para el desarrollo del trabajo de investigación es de seis meses a partir de la fecha de aprobación.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Marco Histórico

Dado que los proyectos de construcción deben llevarse a cabo en entornos complejos y dinámicos, los riesgos en la construcción son inevitables. Debido a la naturaleza incierta de las actividades de construcción, los estudios han demostrado que la construcción es una industria muy propensa a diversos imprevistos durante el desarrollo de proyectos. Para lograr con éxito las metas y objetivos del proyecto, los imprevistos deben gestionarse de forma eficaz. La gestión de los imprevistos se considera una estrategia importante para lograr los objetivos del proyecto, como el tiempo, el presupuesto y la calidad.

2.1.1 Antecedentes Internacionales

En este estudio, solo se seleccionaron aquellas revistas, artículos que se centraron en temas relacionados con riesgos e imprevistos y publicaron más de 2 artículos sobre ellos en la industria de la construcción. Se revisan los factores de riesgo involucrados en los proyectos de construcción, junto con las herramientas y técnicas de identificación de riesgos de uso común y los métodos de clasificación de este.

> "La Gestión de los Riesgos del Proyecto incluye los procesos relacionados con llevar a cabo la planificación de la gestión, la identificación, el análisis, la planificación de respuesta a los riesgos, así como su monitoreo y control en un proyecto. Los objetivos de la Gestión de los Riesgos del Proyecto son aumentar la probabilidad y el impacto de eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de eventos negativos para el proyecto" (Cahuana, 2009).

En el que se describe procesos involucrados en la identificación, análisis y control de los riesgos, desde el punto de vista más complejo en el desarrollo de proyectos de inversión, presentan diferentes actitudes frente al riesgo, las cuales clasifican en tres categorías:

- ✓ Apetito de riesgo: Grado de incertidumbre que una organización está dispuesta a aceptar.
- ✓ Tolerancia al riesgo: Grado de riesgo que podría resistir la organización
- ✓ Umbral de riesgo: Definición del parámetro a partir del cual la organización aceptará el riesgo.

"La industria de la construcción, al igual que cualquier área de negocio, se desarrolla en términos de incertidumbre, siendo por tanto el riesgo una característica inherente a la misma que debe ser abordado de una forma sistemática para evitar que suponga un lastre a la viabilidad de los proyectos que se estén acometiendo o se quieran acometer con suficientes garantías de éxito" (Martínez, Moreno, Ordóñez, & Alegre, 2010)

Algunos estudiosos del tema, han afirmado que la gestión de riesgos en proyectos de construcción a nivel internacional, que existen dos categorías. Una de riesgos externos y otra de riesgos internos, y se enmarca básicamente en cuatro etapas, como son la clasificación, la identificación, la evaluación y la respuesta.

Adicionalmente, también existe una clasificación frente a la multiplicación de las probabilidades y los efectos, según la ecuación R= P*I. Dentro de estos, se señalaron los cinco principales peligros, como son la inflación es alta, administrar, baja cobertura de seguro social y el cohecho.

Referente a las técnicas que se usan, los proyectos de obra a nivel internacional, se fijan en el tipo de riesgo, dependiendo del tipo de proyecto. Cada riesgo se evalúa de acuerdo con dos criterios para evaluar el análisis de contratiempos de riesgo potencial, la segunda consecuencia de la aparición de ese riesgo en los objetivos del proyecto.

Citando a Ghosh, (2004) se afirman que los factores de riesgo clave para los proyectos de ferrocarriles subterráneos en Tailandia. Se desarrolló un cuestionario que contiene 59 factores de riesgo con base en la literatura. Estos factores se centran en los factores de riesgo que afectan el costo del proyecto, el tiempo de finalización y las especificaciones. Se utilizó el método de análisis factorial para analizar los datos de la encuesta. Califique cada factor de riesgo utilizando una escala de cinco puntos.

En otros datos, Subramanyan, (2012) estudió los riesgos de la construcción en la industria de la construcción india. En el que se identifican 93 factores de riesgo y los clasificó en diferentes subgrupos. Se resalta de la misma, que los riesgos se dividen en dos grupos: el primer grupo incluye contratistas, gerentes de proyecto, propietarios, riesgos específicos de recursos; el segundo grupo incluye riesgos relacionados con el medio ambiente, consultores, términos de contrato, etc. Las medidas de mitigación recomendadas en este documento son útiles y pueden aumentar las posibilidades de lograr un resultado positivo si se aplican adecuadamente.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

En el ámbito nacional, existen diferentes antecedentes relacionados con el tema de investigación. Al respecto, Díaz, (2009) aseguro que la planificación y proyección del costo total de un proyecto es tener claridad sobre el alcance del mimo, para que, en la etapa de ejecución, se puedan controlar los costos del proyecto de acuerdo con el presupuesto inicial.

Más adelante, Ruiz, (2012) en su trabajo de grado titulado "***Determinación del imprevisto en ofertas económicas de licitación para la construcción de obras civiles",*** concluye que el cálculo final del imprevisto se encuentra dentro de los limites propuesto en el marco conceptual, es decir entre 1% a 5%. Adicionalmente, que, aunque este valor del imprevisto corresponde a un nivel del riesgo del 910% puede generarse un nuevo valor conforme a un nivel de riesgo diferente.

Montero & Luque, (2014), en su investigación titulada "***Diferencia en la Estimación del Presupuesto Inicial en un Proyecto de Construcción, Utilizando El Modelo de Costos por Actividades"*** afirman que:

> Para la conformación o proyección del presupuesto se debe tener claro el alcance del proyecto; refiriéndonos a los tiempos, especificaciones y procesos constructivos que cumplan con los requerimientos exigidos por el proyecto; puesto que para este caso los recursos (equipos, materiales, mano de obra, etc.) no se cuantificaron de la manera adecuada, omitiendo procesos e insumos relevantes para la ejecución de las actividades.

De forma reciente, se cita la investigación denominada "***Diagnóstico De La Gestión De Los Costos Para Las Obras De Espacio Público En La Calle 10 Entre La Carrera 5 Y La Carrera 6 En La Localidad De La Candelaria En Bogotá D.C De Acuerdo Con La Guía Pmbok® Versión 6"*** concluyendo que las buenas prácticas establecidas por el PMBOK® Versión 6 (gestión de los costos) si permiten diagnosticar la gestión de los costos realizada por el Contratista de Obra (Cortés & Villamizar, 2021).

2.1.3 Antecedentes Locales

A nivel local, se hizo un estudio minucioso de antecedentes investigativos, sin lograr encontrar un estudio o informe académico, que dé cuenta de un análisis enmarcado en los mismos objetivos del presente proyecto, por lo que se puede afirmar que no existen trabajos de investigación enfocados en esta misma área.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Imprevistos en la Construcción

Ruiz, (2012) se centran en que los imprevistos en la construcción son eventos no planificados que pueden surgir durante la ejecución de un proyecto de construcción. Estos eventos pueden ser de naturaleza técnica, financiera, legal, ambiental o de otro tipo. En el contexto se centran específicamente en los imprevistos de naturaleza técnica, que se relacionan con problemas específicos relacionados con el diseño, la ingeniería, la ejecución y los materiales de construcción.

Otros autores como Rudeli, Viles, González & Santilli, señalan que los riesgos se dividen en dos categorías principales según sus fuentes: riesgos internos y riesgos externos. Los riesgos incluyen tres grupos: riesgos conocidos, riesgos conocidos desconocidos y riesgos desconocidos. El primer tipo de cambios es menor, ocurre con frecuencia y es una característica inevitable de los proyectos de construcción. La segunda categoría son los eventos de riesgo previsibles cuya probabilidad de ocurrencia e impacto se conocen. Las últimas categorías son aquellos cuya probabilidad de ocurrencia no se puede predecir. Los riesgos también se pueden agrupar en función de fuentes relevantes para las partes interesadas. Por ejemplo, riesgos relacionados con el

tiempo, riesgos relacionados con el medio ambiente, riesgos relacionados con los costos y riesgos relacionados con la seguridad.

2.2.2 Riesgos Técnicos

Los riesgos técnicos se refieren a situaciones o eventos que pueden surgir debido a problemas técnicos en la planificación, el diseño, la ingeniería, la ejecución o la gestión de un proyecto de construcción. Estos riesgos pueden incluir cambios en el diseño, problemas geotécnicos, errores de cálculo, problemas en la obtención de permisos, entre otros (Fernández, 2007).

2.2.3 Estimación de Costos de Imprevistos

La estimación de costos de imprevistos es el proceso de cuantificar los posibles impactos financieros de los riesgos técnicos en un proyecto de construcción. Esta estimación se basa en la identificación y evaluación de los riesgos técnicos específicos y su impacto potencial en el presupuesto del proyecto (Márquez, 2016).

2.2.4 Metodología Basada en Riesgos Técnicos

La metodología propuesta se basa en la identificación, evaluación y cuantificación de los riesgos técnicos específicos que pueden surgir durante el ciclo de vida del proyecto de construcción. Esta metodología busca proporcionar una estimación más precisa de los costos de los imprevistos, al considerar factores como la probabilidad de ocurrencia y el impacto financiero de cada riesgo técnico (Romero, 2023)

2.2.5 Identificación de Riesgos Técnicos

La identificación de riesgos técnicos implica la identificación sistemática de los eventos o situaciones que podrían dar lugar a imprevistos en el proyecto. Esto incluye la revisión de

diseños, la consulta con expertos, la revisión de historiales de proyectos similares y la consideración de factores geotécnicos y ambientales, entre otros (Valencia, 2016).

2.2.6 Evaluación de Riesgos Técnicos

La evaluación de riesgos técnicos implica la valoración de la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo técnico identificado y la estimación de su impacto financiero potencial en el proyecto. En este se desarrollaron dos métodos para examinar los imprevistos: métodos cualitativos y cuantitativos. Los métodos cualitativos son los cuando los riesgos se pueden ubicar en algún lugar de una escala descriptiva de bajo a alto nivel. Los métodos cuantitativos, por otro lado, se emplean para determinar la probabilidad y los impactos de los imprevistos identificados y se basan en estadísticas, estimaciones aritméticas (Carreño, 2005)

2.2.7 Cuantificación de Costos de Imprevistos

La cuantificación de costos de imprevistos consiste en asignar un valor financiero a cada riesgo técnico identificado en función de su probabilidad de ocurrencia y su impacto financiero. Esto se realiza mediante técnicas cuantitativas que pueden incluir el uso de análisis de costos probabilísticos, simulaciones y otras herramientas (Garzón, 2021).

2.2.8 Incorporación en el Presupuesto de Obra

Los costos estimados de los imprevistos, derivados de la cuantificación de costos, se incorporan en el presupuesto de obra como una partida específica, lo que permite a los gestores del proyecto considerar estos riesgos en la planificación financiera y la gestión de costos (López, 2007)

2.2.9 Identificación de riesgos

El proceso de gestión de riesgos implica reflexionar sobre todos los riesgos potenciales que pueden ocurrir en el proyecto. La identificación de riesgos forma la base para los siguientes pasos del análisis y control de riesgos y proporciona información sobre las áreas en riesgo. Si se hace correctamente, garantiza una gestión de riesgos exitosa, ya que fuentes desconocidas de pérdidas pueden convertirse en eventos incontrolables con consecuencias imprevistas. La materialidad aborda no sólo la falta de identificación de riesgos que conducen a pérdidas, sino también la falta de identificación de eventos oportunistas. La identificación de riesgos implica identificar todos los posibles riesgos y eventualidades que puedan afectar a la organización, así como las condiciones que dan origen a dichos riesgos y oportunidades (Purizaca & Suray, 2020)

2.2.10 Control de riesgos

Una vez que se hayan identificado y evaluado los riesgos y se hayan presentado las respuestas apropiadas, estos resultados deben ponerse en práctica. El monitoreo de riesgos incluye la implementación de planes de riesgos, que deben ser parte integral del plan del proyecto. A menudo se enfrentan dos desafíos clave durante el proceso de seguimiento y control: desarrollar un plan de riesgos y garantizar que siga siendo eficaz (Martínez Leudo, 2020).

Dar paso al control de riesgos con el objetivo de controlar las desviaciones, minimizar el riesgo y aumentar el valor del proyecto.

Ajustar los planes, el alcance del trabajo y las estimaciones para abordar las consecuencias del riesgo.

Monitorear los riesgos periódicamente y, si es necesario, desarrollar planes alternativos para gestionar los riesgos previsibles.

Tomar decisiones adecuadas. Retener a todas las partes interesadas

2.3 Marco contextual

El proyecto se desarrollará en la región, en diferentes empresas constructoras que consolidaran información relevante para el proyecto, este contexto se enmarca en los municipios aledaños a la ciudad de Ocaña, en los que se cuenta: Abrego, Rio de oro, Convención entre otros; donde los profesionales que desarrollan proyectos en estos sitios darán la información a través de las herramientas usadas para este tipo.

2.4 Marco teórico

Los imprevistos, la gestión de riesgos, los riegos técnicos enmarcan la importancia de estimar costos imprevistos en un presupuesto de construcción es fundamental para garantizar que un proyecto se desarrolle de manera eficiente y rentable.

Chávez, (2021) resalta que los riesgos técnicos pueden surgir en cualquier etapa de un proyecto y si no se gestionan adecuadamente, pueden tener un impacto significativo en el costo, el cronograma y la calidad. Por lo tanto, es fundamental desarrollar un método confiable para estimar con precisión estos costos.

Estos Riesgos técnicos durante la construcción pueden surgir debido a problemas relacionados con el diseño, la ingeniería, la ejecución de la obra, la selección de materiales, factores climáticos y otros factores técnicos. Ejemplos de riesgos técnicos incluyen cambios en las especificaciones de diseño, problemas geotécnicos imprevistos, retrasos en la obtención de permisos, cambios en la calidad del material y cambios en las condiciones climáticas que afectan la ejecución.

2.4.1 Sistemas de gestión del riesgo técnico

Chacón, (2016) afirma que el desarrollo de las metodologías específicas basadas en riesgos técnicos permite estimar con mayor precisión los costos de imprevistos. El método puede incluir los siguientes pasos:

- ✓ Identificar riesgos técnicos específicos asociados con el proyecto.
- ✓ Evaluar la probabilidad y el impacto de cada riesgo tecnológico identificado.
- ✓ Cuantificar los costos potenciales asociados a cada riesgo tecnológico. Incorporar los costos estimados de los riesgos técnicos en los presupuestos de construcción.

Al desarrollar métodos técnicos basados en el riesgo para estimar los costos de eventos imprevistos en los presupuestos de construcción, se puede contribuir significativamente a la gestión eficaz de los proyectos de construcción. Al considerar con mayor precisión los riesgos tecnológicos específicos, los proyectos estarán mejor preparados para enfrentar desafíos imprevistos y reducir el potencial de sobrecostos y retrasos.

La implementación de este enfoque ayudará a gestionar los proyectos de construcción de manera más eficiente y a asignar recursos con mayor precisión.

2.4.2 Eventos inesperados o imprevistos

Se pueden definir de la siguiente manera:

Los montos adicionales en las estimaciones de costos se relacionan con el estado incierto del impacto y la ocurrencia de ciertas actividades, eventos o condiciones y, según la experiencia, resultarán en costos adicionales.

Es importante señalar que una comprensión más detallada de los imprevistos conducirá a una reducción del importe total de los costes indirectos.

Para desarrollar una estrategia completa, es necesario centrarse en todos los niveles del análisis del desarrollo económico, objetos que proporcionen una metodología completa para el procesamiento, los diversos componentes de los costos indirectos, y así lograr la optimización general del desarrollo económico. Valor, la idea es brindar una herramienta para analizar conscientemente aspectos específicos de su composición ante imprevistos.

2.4.3 Clasificación de riesgos

Castañeda, (2015) afirma que en temas en la construcción desde el punto de vista del crecimiento de la población y la creación de nuevas zonas residenciales tanto de las zonas rurales como la urbanas. Lo que genera que la creación de edificaciones sea aumentada en la demanda. Con un incremento Aumentando de la densidad de personas y, por lo tanto, de edificios en la unidad de área. Con el fin de satisfacer las necesidades de vivienda de las personas, el establecimiento de nuevos espacios habitables y, por lo tanto, la construcción de nuevos edificios, conducen a la propagación de los riesgos que pueden surgir del proyecto y los riesgos los cuales deben clasificarse.

2.4.4 Tecnología de gestión de riesgos

Es una forma de control que implica comprender el proyecto para lograr algún beneficio. En este sentido, existen datos sólidos sobre los equipos y estrategias que se espera que realicen los cálculos de riesgo del proyecto.

Loosemore, (2012) creó diferentes métodos de evaluación de riesgos para proyectos de construcción. Estos métodos combinan primas de riesgo, rendimientos equilibrados en función

del riesgo, probabilidades abstractas, estudios de elección, pruebas de aceptabilidad, replicación de Monte Carlo y otros métodos.

Una forma de controlar los riesgos en un proyecto de construcción es crear suposiciones y un plan de proyecto. Como PERT (técnica de revisión y evaluación de programas), PNET (técnica de evaluación de redes probabilísticas), NRB (límites de confiabilidad estrechos) y simulación de Monte Carlo (MCS)

Se utilizan para calcular el riesgo organizacional del proyecto y medir el cambio durante los periodos de ejercicio. Programas (algoritmos), investigación de extremo a extremo, teoría y estrategias de exámenes de liderazgo.

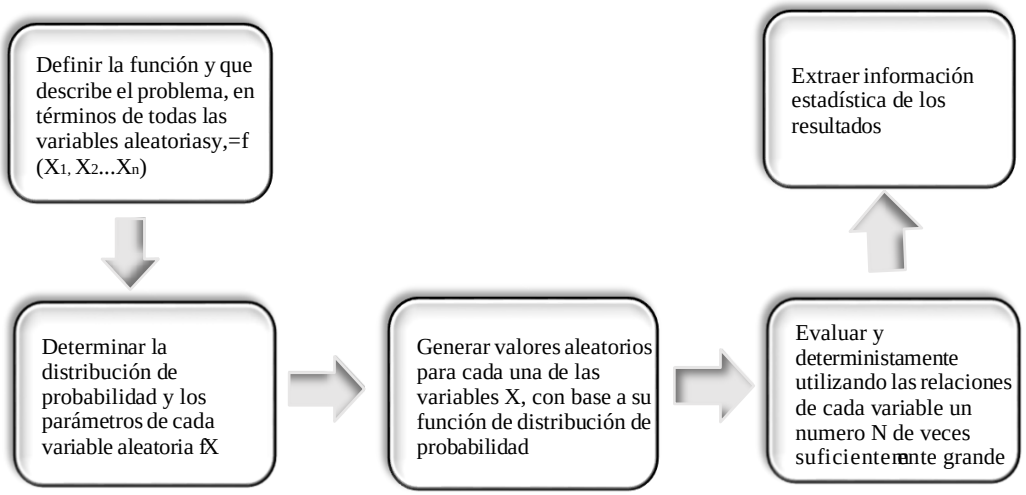
Un estudio de Montecarlo es una recreación (aleatoria) que utiliza factores arbitrarios. Mediante esta técnica se obtienen probabilidades de desempeño del proyecto con diferente énfasis dependiendo del nivel deseado de calidad inquebrantable. (Sobol, 1983)

En la figura 1 evidencia una representación equitativa de los riesgos técnicos asociados. Este método permite seleccionar de manera aleatoria una muestra de proyectos de obra civil, asegurando que cada obra tenga la misma posibilidad de ser incluida en el análisis.

El muestreo aleatorio, se obtiene una visión más clara de los posibles imprevistos y sus costos, reduciendo la influencia de factores, este enfoque no solo facilita una evaluación un detalle más precisa y confiable de los riesgos, sino que también proporciona una base confiable para desarrollar estrategias de mitigación y ajustes presupuestarios que reflejen las condiciones y desafíos específicos del entorno.

Figura 1.

Método de muestreo aleatorio



Fuente: (Sánchez, 2010)

La realización de una variable aleatoria es el valor que toma la variable en una simulación particular o en un momento determinado en el tiempo.

Para explicar el esquema, el proceso se puede resumir de la siguiente manera:

Primero, establecer un modelo de análisis para presentar la situación de análisis; segundo, obtener la distribución de probabilidad de cada factor imprevisto presentes en modelo, con estos datos se determina el resultado de salida del modelo.

2.5 Marco legal

Norma ISO 31000: constituye los principios y directrices generales para la gestión del riesgo en cualquier tipo de organización, esta se puede aplicar a cualquier tipo de riesgo, cualquiera sea su naturaleza, causa u origen, tanto que sus consecuencias sean positivas como negativas para la organización

(NSR-10): Normativa Colombiana de construcción sismo resistente: este reglamento establece que las normas técnicas para el diseño y construcción de estructuras sismo resistentes en Colombia.

Ley 80 1993. Tiene como objetivo garantizar la eficiencia y transparencia en los procesos de contratación pública, fomentar la competencia y asegurando el uso eficiente de los recursos públicos (Congreso de la Repúblca de Colombia, Ley 80 1993).

Ley 1150/2007. Establece las normas y principios que rigen la contratación pública en el país. Su objetivo principal es impulsar la eficiencia, la transparencia y la competencia en los procesos de contratación pública, incluyendo aquellos relacionados con la construcción de obras civiles (Congreso de la República De Colombia, Ley 1150/2007).

Ley 1537 de 2012: Esta ley establece las disposiciones para la construcción y promoción de viviendas de interés social en Colombia; así como los requisitos de calidad y habitabilidad (Congreso de la República de Colombia,Ley 1537 de 2012).

Capítulo 3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de Investigación.

La investigación expuesta por el autor Sampieri en la sexta edición del libro metodología de la investigación, la investigación nos ayuda a comprender un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos que se aplica al estudio de un fenómeno, se puede formular desde un enfoque mixto. Facilitando herramientas para analizar y comprender diversos aspectos de los datos de estudio. (Sampieri Hernandez, 2014)

A partir de lo anterior, se propone las siguientes fases para el proyecto.

Fase 1 Revisión de diferentes metodologías usadas para el análisis de riesgos, en los imprevistos de los presupuestos verticales.

En esta fase se recopilará información a través de una búsqueda exhaustiva del estado del arte a través de fuentes primarias y secundarias las cuales servirán para crear los procesos y procedimientos adecuados del modelo a utilizar.

Fase 2 determinar las variables a considerar el modelo.

Esta fase corresponde a las variables que alimentaran el modelo a través de un flujo de procesos que ayudara a mostrar de una manera gráfica las etapas que deberá tener el que utilice dio modelo.

Fase 3 Identificación de riesgos técnicos.

Esta fase se realizará a través de fuentes primarias y secundarias, para la identificación de riesgos técnicos, las fuentes primarias corresponden a las diferentes empresas donde se les realizara las encuestas de acuerdo a muestra población, y las fuentes secundarias corresponden a

el estado del arte el cual se revisas a través de bases de datos como lo son: Google académico Sciencedirect y Scopus.

Fase 4 Simulación de escenarios

Esta fase se realizará a través del estudio de un estudio de caso, a través de una simulación en Montecarlo, el procedimiento será concebido en la metodología aplicada y a través de una guía para los lectores, en esta simulación se estimará la reserva de contingencia para los imprevistos del presupuesto.

3.2 Población.

La población corresponde a total de empresas constructoras que desarrollan proyectos de edificaciones en la región Catatumbo.

3.3 Muestra.

La muestra elegida fue fijada en población finita tomando en cuenta la fórmula para la obtención de información, es por ello que la muestra de este estudio está conformada por veinte empresas donde se analizaran los diferentes presupuestos. En algunos Municipios de la región, para identificar riegos.

$$n = \frac{\mathrm{N} * z^2 * \mathrm{p} * \mathrm{q}}{e^2\,(\mathrm{N} - 1) + z^2 \mathrm{p} * \mathrm{q}}$$

Dónde: n= tamaño de muestra buscado

N = Total de la población

K= 1.96 al cuadrado (con la seguridad del 95%)

Tabla 1.

Nivel de confianza

Nivel de Confianza	90%	95%	99%
Valor de K	1,65	1,96	2,58

Fuente. Autora del proyecto

p = probabilidad de que ocurra el evento estudiado- éxito (en este caso 5% = 0.05) q = probabilidad de que no ocurra el evento estudiado- 1 – p (en este caso 1-0.05 = 0.95) e = error de estimación máximo aceptado (usando un 7%= 0.07).

$$n = \frac{20 * 1.96^2\ 0.50 * 0.50}{0.03^2\ (20\ -\ 1) +\ 1.96^2 * 0.50 * 0.50}$$

n= 18.01

3.4 Técnicas de recolección de información

Las técnicas de observación para el desarrollo del proyecto incluyen lo siguiente:

- ✓ encuestas
- ✓ entrevistas
- ✓ elaboración de formatos.

3.5 Análisis de información.

La información recolectada a través de técnicas de entrevista será analizada con el fin de obtener datos suficientes para la ejecución del proyecto.

Para realizar el análisis de la información se recomienda lo siguiente:

• Tabulación y análisis estadístico.

• esquemas y presupuestos

Capítulo 4. Presentación de Resultados

4.1 Identificación de las Diferentes Metodologías Referentes a la Gestión de Riesgos, a Través del Estado del Arte Para la Estimación Del Costo de los Imprevistos en los Presupuestos de Obras Verticales.

En la tabla 2 presenta la propuesta para identificar diferentes métodos, metodologías de gestión de riesgos en el que se pretende ser una herramienta integral para analizar y comparar los métodos existentes de estimación de costos de los imprevistos en los presupuestos de obras vertical. La tabla organiza la información, clasificando primero el método utilizado, con las herramientas utilizadas en cada metodología, así como los resultados obtenidos en cada una de estas.

Tabla 2.

Cálculos de los costos de los previstos en los presupuestos de obras verticales

Cálculos de los costos de los previstos en los presupuestos de obras verticales

Metodología	Procesos	Datos entrada	Herramienta utilizada	Resultado
Metodología PMI (Project Management Institute)	Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	Documentos de negocio	Juicio de expertos	Acta de constitución del proyecto
		Acuerdos	Recopilación de datos	Registro de supuestos
		Factores ambientales de la empresa	Habilidades interpersonales y de equipo	
		Activos de los procesos de la organización	Reuniones	

	Definir las Actividades	Plan para la dirección del proyecto	Juicio de expertos	Lista de actividades
		Factores ambientales de la empresa	Descomposición	Atributos de la actividad
		Activos de los procesos de la organización	Planificación gradual	Lista de hitos
			Reuniones	Solicitudes de cambio
				Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto
	Planificar la Gestión de los Riesgos	Acta de constitución del proyecto	Juicio de expertos	Plan de gestión de los riesgos
		Plan para la dirección del proyecto	Análisis de datos	
		Documentos del proyecto	Reuniones	
		Factores ambientales de la empresa		
		Activos de los procesos de la organización		
	Identificar los Riesgos	Plan para la dirección del proyecto	Juicio de expertos	Registro de riesgos
		Documentos del proyecto	Recopilación de datos	Informe de riesgos
		Acuerdos	Habilidades interpersonales y de equipo	Actualizaciones a los documentos del proyecto
		Documentación de las adquisiciones	Listas rápidas	

		Factores ambientales de la empresa	Reuniones	
		Activos de los procesos de la organización		
	Planificar la Gestión de los Costos	Acta de constitución del proyecto	Juicio de expertos	Plan de gestión de los costos
		Plan para la dirección del proyecto	Análisis de datos	
		Factores ambientales de la empresa	Reuniones	
		Activos de los procesos de la organización		
La metodología AR (Action-Research) técnica	Fase 1: Planteamiento	Determinación y análisis del estado inicial	Juicio de expertos	Lista de objetivos
		Formulación de los objetivos	Descomposición	
			Planificación gradual Reuniones	
	Fase 2: Formalización del grupo de trabajo y definición de su misión	El grupo de trabajo	Juicio de expertos	Estructuración de la misión
		Definición de la misión del grupo de trabajo	Descomposición	
		A) Misión general	Planificación gradual	
		B) Misiones detalladas	Reuniones	

	Fase 3: Diagnostico y mapa del proceso inicial	El Mapa del proceso (situación inicial)	Juicio de expertos	Diagnóstico de los mapas
		Diagnóstico del proceso inicial	Descomposición	
			Planificación gradual	
			Reuniones	
Metodológica para el cálculo del AIU		Administración delegada	Juicio de expertos	Estudio Ambiental
		Precios Unitarios	Descomposición	Estudio Red Geodésica
		Precio Global Alzado	Planificación gradual	Estudio de Suelos
			Reuniones	Estudio de Vías
				Diseño Estructural
				Diseño de Redes Hidrosanitaria (tanto exteriores como interiores)
				Diseño de Redes a Gas (tanto exteriores como interiores)
				Diseño de Redes Eléctricas (tanto exteriores como interiores)
				Honorarios de Procuraduría
				Honorarios Elaboración del Presupuesto
				Diseño de Vías y Rasantes
				Honorarios de Supervisión
				Impuestos de Construcción
				Impuestos Obligaciones Urbanísticas
				Impuestos 4 x mil
				Construcción fuera del proyecto
				Póliza TRC / RCE

Metodología PERT	Identifica las tareas del proyecto	Un caso de negocios	Un caso de negocios
		Un plan de comunicación	Un plan de comunicación
		Una reunión inicial	Una reunión inicial

Nota. Este documento fue tomado de (Cortés & Villamizar, 2021)

4.1.1 Metodología PMI (Project Management Institute)

El PMI, una organización sin fines de lucro de renombre internacional, congrega a profesionales en el campo de la Gestión de Proyectos. Desde principios de 2011, se ha consolidado como la mayor entidad en su ámbito, con una membresía que supera los 700,000 individuos distribuidos en cerca de 170 países. En Latinoamérica, cuenta con una sólida base de más de 25,000 miembros, de los cuales 21,800 ostentan certificaciones PMP. (Martínez C. S., 2020)

Una de las contribuciones más destacadas del PMI al campo de la gestión de proyectos es su reconocida guía de buenas prácticas, la cual se fundamenta en 10 áreas de conocimiento esenciales: Gestión de la Integración, Gestión del Alcance, Gestión del Tiempo, Gestión de Costos, Gestión de la Calidad, Gestión de los Recursos Humanos, Gestión de Compras, Gestión de Comunicaciones, Gestión de Riesgos y Gestión de los Interesados.

Particularmente, el área de gestión de riesgos se sustenta en 6 procesos clave, los cuales se describen de manera concisa a continuación.

El proceso de planificar la gestión de riesgos implica establecer cómo se realizarán las actividades relacionadas con la administración de riesgos en un proyecto específico.

Identificar los riesgos consiste en reconocer y documentar las características de los riesgos que podrían influir en el proyecto.

Realizar el análisis cualitativo de riesgos implica priorizar estos riesgos para su análisis o acciones futuras, evaluando tanto la probabilidad de que ocurran como el impacto que podrían tener. Por otro lado, el Análisis Cuantitativo de Riesgos implica analizar de forma numérica el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto.

En cuanto a Planificar la Respuesta a los Riesgos, este proceso se centra en desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto. (Martinez, 2020)

Finalmente, Controlar los Riesgos implica implementar los planes de respuesta a los riesgos, realizar un seguimiento de los riesgos identificados, monitorear los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos y evaluar la efectividad del proceso de gestión de riesgos a lo largo del proyecto. (Monsalve, 2021)

Las obras verticales, tales como edificios de varios pisos, torres de oficinas, y rascacielos, presentan desafíos específicos en la gestión de proyectos debido a su complejidad, alto costo y riesgos asociados. A continuación, se describen los principales aspectos del estado del arte de la metodología PMI aplicados a este tipo de proyectos:

Planificación y Definición del Alcance:

Estructura de Desglose del Trabajo (EDT): el proyecto en componentes más pequeños y manejables para una mejor gestión.

Análisis de Requisitos: Identificar y documentar los requisitos del proyecto, incluyendo las especificaciones técnicas y funcionales de la obra.

Gestión del Tiempo:

Diagramas de Gantt y CPM (Criticar Path Method): Utilizados para planificar y controlar el cronograma del proyecto, identificando las actividades críticas y sus dependencias.

Hitos y Entregables: Definición de hitos clave y entregables para medir el progreso del proyecto.

Gestión de los Costos:

Presupuesto del Proyecto: Estimación de los costos detallados y desarrollo de un presupuesto integral que incluya todos los aspectos del proyecto.

Control de Costos: Monitoreo continuo de los costos para asegurar que el proyecto se mantenga dentro del presupuesto aprobado.

Gestión de los Riesgos:

Identificación y Evaluación de Riesgos: Identificar los riesgos potenciales asociados con la construcción vertical y evaluar su impacto y probabilidad.

Planes de Mitigación: Desarrollar estrategias para mitigar los riesgos identificados, incluyendo contingencias financieras y planificaciones alternativas.

Gestión de la Calidad:

Estándares de Calidad: Definir y asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos para la construcción.

Control de Calidad: Implementar procedimientos de control de calidad para verificar que el trabajo cumpla con los requisitos establecidos.

Costos Imprevistos en Obras Verticales

La gestión de costos imprevistos es crucial en las obras verticales debido a su alto riesgo y complejidad. A continuación, se detallan algunas estrategias y prácticas recomendadas para manejar estos costos:

Contingencias Financieras:

Reservas para Contingencias: Incluir un porcentaje del presupuesto total como reserva para cubrir costos imprevistos.

Reservas de Gestión: Fondos adicionales controlados por la alta dirección del proyecto para enfrentar riesgos significativos no previstos.

Monitoreo y Control de Costos: Sistemas de Control de Costos: Implementar sistemas robustos para el seguimiento y control de los costos en tiempo real.

Análisis de Variaciones: Realizar análisis periódicos de variaciones entre el presupuesto y los costos reales para identificar y abordar desviaciones.

Contratos Flexibles: Cláusulas de Ajuste de Precios: Incluir cláusulas en los contratos que permitan ajustes de precios en caso de cambios significativos en los costos de materiales o mano de obra.

Contratos Basados en Unidades: Utilizar contratos basados en unidades de trabajo que permitan ajustes en función de la cantidad real de trabajo realizado.

Gestión Proactiva de Proveedores: Selección de Proveedores Confiables: Elegir proveedores con una sólida reputación y experiencia comprobada en proyectos similares.

Contratos a Largo Plazo: Establecer contratos a largo plazo con proveedores clave para asegurar la estabilidad de precios y disponibilidad de materiales.

En resumen, la metodología PMI proporciona un marco integral para la gestión de proyectos de construcción vertical, abordando todos los aspectos críticos desde la planificación hasta la ejecución y el cierre del proyecto. La gestión eficaz de los costos imprevistos es esencial para el éxito de estos proyectos, y se logra a través de una combinación de planificación cuidadosa, monitoreo continuo y estrategias proactivas de mitigación de riesgos.

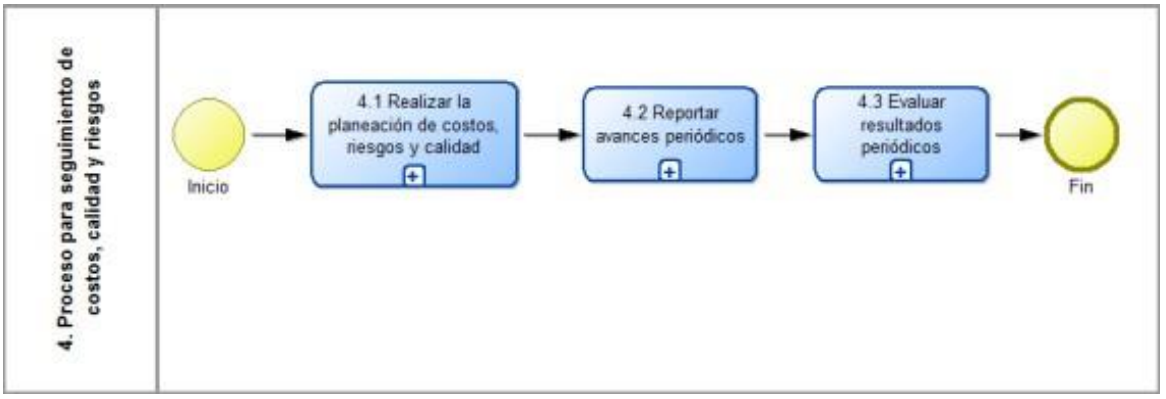
4.1.2 La metodología AR (Action- Research) técnica

En este capítulo, detallamos el proceso sugerido para el seguimiento de tres áreas clave del conocimiento: costos, calidad y riesgos. El objetivo es integrar estas áreas y establecer un denominador común, que en este caso es el valor monetario. Este enfoque está diseñado para el monitoreo y control de proyectos que tienen entregables o hitos definidos, a partir de los cuales se derivan los paquetes de trabajo con sus respectivas tareas.

La figura 2 proporciona una visión general del proceso propuesto, el cual se obtiene a través de tres etapas principales: planificación, reporte de avances y evaluación de resultados. Cada una de estas incluye subprocesos con el fin de visualizar los resultados de manera más clara.

Figura 2.

Procesos para seguimiento de costos



Fuente: Restrepo-Pérez, M., & Reyes-Gamboa, A. (2019).

1. Planeación de Costos:

Identificar Recursos: Enumerar todos los recursos necesarios para el proyecto, incluyendo mano de obra, materiales, equipo, etc.

Estimación de Costos: Estimar los costos asociados con cada recurso identificado y cada actividad del proyecto.

Desarrollar el Presupuesto: Compilar todas las estimaciones de costos para crear un presupuesto completo del proyecto.

Control de Costos: Establecer métodos para monitorear y controlar los costos a lo largo del proyecto, incluyendo la gestión de cambios.

2. Planeación de Riesgos:

Identificar Riesgos: Realizar un análisis exhaustivo para identificar los posibles riesgos que puedan afectar al proyecto.

Análisis de Riesgos: Evaluar la probabilidad y el impacto de cada riesgo identificado para priorizarlos según su importancia.

Desarrollar Estrategias de Respuesta: Para cada riesgo identificado, desarrollar estrategias de respuesta que incluyan mitigación, transferencia, evitación o aceptación.

Plan de Gestión de Riesgos: Documentar todos los riesgos identificados y las estrategias de respuesta en un plan de gestión de riesgos.

3. Planeación de Calidad:

Establecer Estándares de Calidad: Definir los estándares y requisitos de calidad que deben cumplir los entregables del proyecto.

Desarrollar Plan de Calidad: Especificar los procesos y procedimientos que se seguirán para garantizar que se cumplan los estándares de calidad.

Identificar Métricas de Calidad: Establecer métricas y criterios de medición para evaluar la calidad de los entregables y los procesos del proyecto.

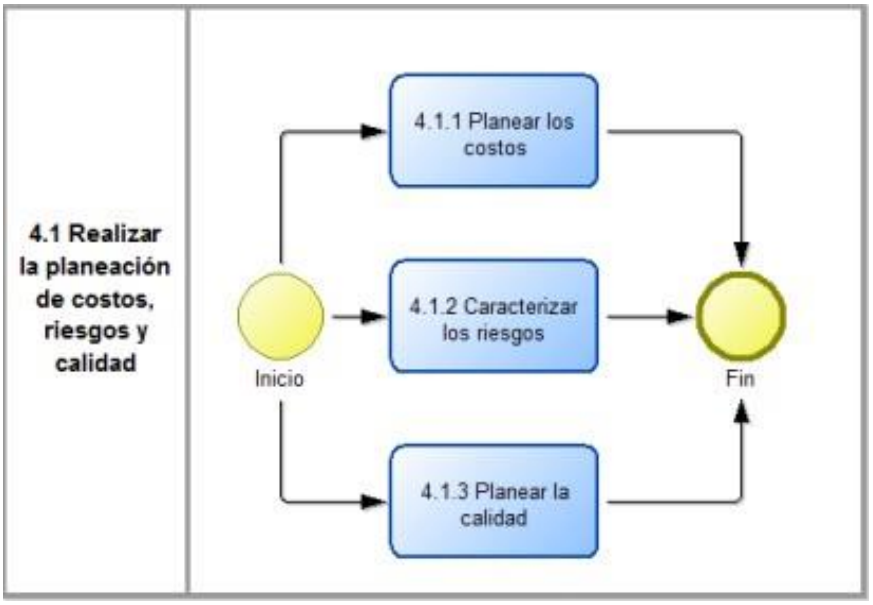
Control de Calidad: Implementar procesos de control de calidad para verificar que se cumplan los estándares establecidos y corregir cualquier desviación.

Al completar estos pasos de planificación en las áreas de costos, riesgos y calidad, se establecerá una línea base sólida que proporcionará un punto de referencia para el control y seguimiento continuo del proyecto.

En la figura 3 indica cómo realizar la planeación de los costos en riesgos y calidad teniendo en cuenta la realización, la planeación de costos, riesgos y calidad. En estos se plantean los costos para ser caracterizados según los riesgos y así planear la calidad teniendo un inicio y fin.

Figura 3.

Realizar planeación de costos



Fuente: (Cahuana, 2009)

La tabla 3 representa un presupuesto de obra vertical con los presupuestos ajustados donde se calculan para imprevistos, teniendo en cuenta probabilidad, impacto y severidad, siendo este último el producto de los dos primeros multiplicados. Y calcule el porcentaje de riesgo para cada actividad en consecuencia.

Tabla 3

Estudios y diseños para la construcción de aulas, comedor, batería sanitaria, muro de contención y sistema solar fotovoltaico de la sede educativa del corregimiento la vega de san Antonio del municipio de la playa de belén norte de Santander

ESTUDIO Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCION DE AULAS, COMEDOR, BATERIAS SANITARIAS, MURO DE COTENCION Y SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE LA SEDE EDUCATIVA DEL CORREGIMIENTO DE LA VEGA DE SAN ANTONIO DEL MUNICIPIO DE NORTE DE SANTADER					
ITEM	ACTIVIDAD	UNID	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VALOR TOTAL
1.1	LOCALIZACION Y REPLANTEO ESTRUCTURAS	m2	$846	$ 3,507	$ 2,967,623.00
1.2	DESCAPOTE EN MATERIAL COMÚN H=0.20 M	m2	$455	$ 8,064	$ 3,665,411.00
1.3	EXCAVACION MANUAL PARA NIVELACION SIN RETIRO DE SOBRANTES	m3	$723	$ 17,677	$12,777,643.00
1.4	CARGUE Y RETIRO DE SOBRANTE PROVENIENTE DEL DESCAPOTE Y EXCAVACION MANUAL	m3	$933	$33,448	$31,201,632.00
1.5	RELLENO Y COMPACTACION DE MATERIAL DE PRESTAMO	m3	$94	$ 98,523	$9,304,213.00
2.1	EXCAVACION MANUAL PARA ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN.	m3	$451	$48,500	$7,348,420.00
2.2	CARGUE Y RETIRO DE SOBRANTE PROVENIENTE DE LAS EXCAVACIONES MANUALES Y ESCOMBROS	m3	$19	$722,498	$21,891,429.00
2.3	CIMIENTO EN CONCRETO CICLOPERO DE 2500 PSI	m2	$269	$ 95,524	$13,770,812.00
2.4	CONCRETO DE 3000 PSI PARA ZAPATAS	m3	$21	$1,260,603	$26,270,967.00
2.5	CONCRETO DE 3000 PSI PARA PEDESTALES	m3	$4	$1,285,515	$4,499,303.00
2.6	CONCRETO DE VIGAS DE CIMENTACION CON RESISTENCIA DE 3000 PSI	m3	$34	$1,285,815	$44,026,306.00

2.7	RELLENO Y COMPACTACION DE MATERIAL DE PRESTAMO PARA ZAPATAS	m3	$98	$69,000	$6,738,540.00
2.8	CONCRETO DE 3000 PSI PARA ZARPA, TACÓN Y CUERPO DEL MURO	m3	$93	$1,047,000	$97,554,644.00
2.9	SUMINISRO E INSTALACIÓN DE CINTA PVC PARA CONTRUCCIÓN DEL MURO	ml	$63	$93,000	$5,836,680.00
2.10	FILTRO BASE MURO CON TUBERIA PVC 4" PERFORADA EN FORMA DIAMANTE CON ORIFICIOS DE 3/8", RELLENO CON GRAVA DE RIO TMN 2" Y RECUBIERTO CON GEOTEXTIL N-299 DE 0.30X0.40 M.	ml	$50	$88,235	$4,404,691.00
2.11	SUMINISTRO E INSTALACIÓN CAPA DE ARENA GRUESA DE RIO DE ANCHO O,30M SOBRE LA CARA INTERNA DEL MURO.	m3	$25	$103,000	$2,545,130.00
2.12	LLORADEROS EN PVC DE 2" CADA 1M EN SENTIDO VERTICAL Y HORIZONTAL DE 0.50 M DE LONGITUD.	und	$106	$16,823	$1,780,546.00
2.13	LOSA DE CONCRETO DE 3000 PSI PARA ACCESO AL DISCAPACITADO INCLUYE MALLA ELECTROSOLDADA, CON TEXTURA ANTIDESLZANTE	m2	$36	$171,550	$6,189,524.00
3.1	CONCRETO DE 3000 PSI PARA COLUMNAS	m3	$23	$1,383,300	$32,286,222.00
3.2	CONCRETO PARA COLUMNETAS HASTA 0,2*0,20	ml	$187	$75,501	$14,137,562.00
3.3	CONCRETO PARA VIGAS AEREAS CON RESISTENCIA DE 3000 PSI	m3	$28	$1,462,346	$40,755,583.00
3.4	MESONES DE ESPESOR 0.10M PARA LAVAMANOS Y LAVAPLATOS (INCLUYE ACERO Y APOYOS EN MAMPOSTENIA DE LADRILLO)	m2	$17	$ 238,276	$3,950,140.00
3.5	PLACA ALIGERADA CON LAMINA COLABORANTE.	m2	$11	$ 529,802	$5,901,994.00
3.6	CONCRETO PARA VIGA CINTA DE 3000 PSI	ml	$186	$ 77,716	$14,442,741.00
3.7	CONCRETO DE 3000 PSI PARA ESCALERA	m3	$3	$1,418,600	$4,072,801.00
4.1	CORREA METALICA EN TUBERIA ESTRUCTURAL RECTANGULAR HR50 80X40X2 MM, INCLUYE ANTICORROSIVO Y ESMALTE. COLMENA O SIMILAR.	ml	$ 671	$170,154	$114,173,334.00
4.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN ESTRUCTURA METALICA EN TUBERIA ESTRUCTURAL DE 3" (PULGADAS) DE ESPESOR 3MM DE COLMENA O SIMILAR INCLUYE ANTICORROSIVO Y ESMALTE.	ml	$ 153	$237,414	$36,219,880.00

4.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CUBIERTA. INCLUYE TEJA MASTER 1000, AMARRES Y TODO LO NECESARIO PARA SU CONSTRUCCIÓN; SEGÚN DISEÑO. AREA REAL MEDIDA SEGÚN LONGITUD DE CUERDA SUPERIOR.	m2	$ 613	$100,645	$61,697,398.00
4.4	SISTEMA DE APOYO Y ANCLAJE DE CERCHAS CON FLANCHES METALICOS EN LAMINA DE 1/2" (350MMX350MM) (INCLUYE TORNILLERIA, ANGULOS Y ANTICORROSIVO)	und	$8	$146,088	$1,168,704.00
4.5	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE LAMINA TRANSLUCIDA ALVEOLAR PARA ACCESSO AL DISCAPACITADO - POLICARBONATO	m2	$48	$100,294	$4,814,112.00
5.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CAPACIDAD 1000 LTS	und	$1	$929,971	$929,971.00
5.2	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC-SANITARIA, DIAMETRO 6", INCLUYE ACCESORIOS	ml	$12	$104,946	$1,217,374.00
5.3	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC-SANITARIA, DIAMETRO 4", INCLUYE ACCESORIOS	ml	$117	$85,988	$10,082,093.00
5.4	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC-P RDE11, 400PSI, DIAMETRO 3", INCLUYE ACCESORIOS.	ml	$64	$64,364	$4,087,777.00
5.5	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE TUBERIA DIÁMETRO DE 1/2"CON TUBERÍA RDE, 500 PSI, INCLUYE TODOS LOS ACCESORIOS.	ml	$141	$22,105	$ 3,122,331.00
5.6	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE SALIDAS DE ABASTO EN DIÁMETRO DE 1/2"CON TUBERÍA RDE, 500 PSI, INCLUYE TODOS LOS ACCESORIOS	und	$29	$50,874	$1,475,346.00
5.7	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE VÁLVULA COMPUERTA MARCA RW 1/2" O EQUIVALENTE.	und	$7	$40,000	$280,000.00
5.8	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE REJILLA METÁLICA DE PISO COMBINADA ALUMINIO/BRONCE PARA DESAGÜE DE 3".	und	$14	$53,980	$755,720.00
5.9	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE REJILLA METÁLICA DE PISO COMBINADA ALUMINIO/BRONCE PARA DESAGÜE DE 4".	und	$9	$63,220	$568,980.00
5.10	EXCAVACIÓN PARA INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS MENORES O IGUALES A H: 1 .3 MTS.	ml	$201	$51,756	$10,413,825.00

5.11	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CANAL METALICA EN LAMINA GALVANIZADA DIMENSIONES (0.20X0.25 M), INCLUYE PINTURA ANTICORROSIVA.	ml	$80	$228,115	$18,262,887.00
5.12	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BAJANTES EN PVC INCLUYE TODOS LOS ACCESORIOS	ml	$42	$59,717	$2,496,171.00
5.13	SUMINISTRO E INSTALACION DE LAVAPLATO	und	$2	$256,073	$512,146.00
5.14	CANAL EN CONCRETO DE 3000 PSI INCLUYE ACERO PARA RECOLECIÓN DE AGUAS LLUVIA POR ESCORRENTIA	ml	$22	$382,253	$8,562,467.00
5.15	SUMINNISTRO E INSTALACIÓN FILTRO EN TRITURADO PARA MANEJO DE AGUAS LLUVIAS INCLUYE GEOTEXTIL	ml	$4	$88,468	$353,872.00
5.16	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC, DIAMETRO 8".	ml	$72	$112,546	$8,077,426.00
5.17	CAJAS DE INSPECCIÓN PARA MANEJO DE AGUAS SANITARIAS Y PLUVIALES DIMENCIONES 0.7X0.70 Y H<1m.	und	$11	$ 481,475	$5,296,225.00
6.1	MURO EN BLOQUE H10 E= 0,10 M.	m2	$544	$ 76,100	$41,393,073.00
6.2	MURO EN LADRILLO MULTIPERFORADO COLONIAL DE TEXTURA LISA DE DIMENSIONES (25.1X12X6.7 CM)	m2	$42	$125,900	$5,271,433.00
6.3	MURO DOBLE EN LADRILLO MACIZO DE ARCILLA CON DIMENSIONES (20X10X6 CM)	m2	$67	$149,448	$10,042,906.00
7.1	REVOQUE LISO PARA EXTERIOR E INTERIOR EN MUROS MORTERO 1:4 INCLUYE FILETES Y DILATACIONES	m2	$1,166	$30,839	$35,973,077.00
7.2	REVOQUE LISO PARA EXTERIOR E INTERIOR EN VIGAS Y COLUMNAS EN MORTERO 1:4 INCLUYE FILETES Y DILATACIONES	ml	$619	$54,945	$34,020,186.00
8.1	PLACA DE CONTRAPISO E=10CM	m2	$648	$164,000	$106,222,800.00
8.2	PLANTILLA PARA NIVELACIÓN DE PISO	m2	$659	$51,500	$ 33,912,750.00
9.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SANITARIO AVANTI O SIMILAR	und	$5	$401,772	$ 2,008,860.00
9.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SANITARIO PARA DISCAPACITADOS.	und	$ 2	$1,045,845	$ 2,091,690.00
9.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE LAVAMANOS DE SOBREPONER EN PORCELANA BLANCA CON GRIFERIA.	und	$9	$425,216	$ 3,826,944.00
9.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ORINAL DE PARED EN PORCELANA BLANCA CON GRIFERIA.	und	$3	$428,904	$ 1,286,712.00

10.1	VENTANA METÁLICA CORREDIZA EN LAMINA CALIBRE 18-INCLUYE PROTECTOR METALICO Y VIDRIO.	m2	$85	$611,659	$ 48,241,795.19
10.2	PUERTA CON LAMINA METALICA, INCLUYE MARCO, CERRADURA Y PINTURA EN ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE	m2	$61	$610,182	$ 37,440,767.52
10.3	ESTUCO PLASTICO PARA MUROS	m2	$1,068	$30,769	$ 32,850,522.85
10.4	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE PINTURA PARA MUROS A 3 MANOS	m2	$1,068	$19,098	$ 20,389,979.70
10.5	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE DRYWALL DECORATIVO CIELO RASO	m2	$11	$62,951	$ 701,274.14
10.6	TABLETA EN GRES TIPO INSTITUCIONAL-INCLUYE GUARDA ESCOBA	m2	$601	$115,240	$ 60,235,039.60
10.7	PISO EN CERÁMICA- INCLUYE GUARDA ESCOBA	m2	$65	$139,545	$ 9,028,561.50
10.8	ENCHAPE CERÁMICO	m2	$143	$68,000	$ 9,738,960.00
10.9	BARANDAS METALICAS PARA SEGURIDAD H: 1M	ml	$103	$245,497	$ 25,175,717.35
9.1	FACHALETA ARQUITECTONICO	m2	$73	$ 76,547	$ 5,554,633.06
9.11	ESTUCO PLASTICO PARA VIGAS Y COLUMNAS	ml	$619	$ 28,776	$ 17,817,178.37
9.12	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE PINTURA PARA VIGAS Y COLUMNAS A 3 MANOS	ml	$619	$14,247	$ 8,821,286.50
9.13	REPOSICIÍON DE LOSETA EXISTENTE PARA INSTALACIÓNES HIDROSANITARIAS	ml	$23	$57,600	$ 1,316,160.00
9.14	MESON EN CONCRETO INCLUYE ACABADOS-LABORATORIOS	und	$2	$4,126,594	$ 8,253,188.00
9.15	SUMINISTRO E INSTALACION DE GRAMA NATURAL	m2	$42	$ 42,622	$ 1,777,337.40
10.1	SUMINISTRO, TRANSPORTE, FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	Kg	$25,707	$9,342	$ 250,158,445.00
VALOR TOTAL DEL PRESUPUESTO					$,526,439,873.17

Fuente. (Garcia & Ricardo, 2020)

4.1.3 Metodológica para el cálculo del AIU

Hoy en día, los contratos de construcción se realizan mediante asociaciones de varios inversionistas del sector, con el objetivo de obtener rentabilidad y asegurar su patrimonio, así

como el capital invertido. Por ello, es esencial tener claros los siguientes aspectos al considerar el AIU (administración, imprevistos y utilidades):

- Administración
- En la ADMINISTRACIÓN, los principales conceptos suelen incluir:
- Estudio Ambiental
- Estudio Red Geodésica
- Estudio de Suelos
- Estudio de Vías
- Diseño Estructural
- Diseño de Redes Hidrosanitarias (tanto exteriores como interiores)
- Diseño de Redes de Gas (tanto exteriores como interiores)
- Diseño de Redes Eléctricas (tanto exteriores como interiores)
- Honorarios de Procuraduría
- Honorarios para la Elaboración del Presupuesto
- Diseño de Vías y Rasantes
- Honorarios de Supervisión
- Impuestos de Construcción
- Impuestos de Obligaciones Urbanísticas
- Impuestos del 4x1000

- Construcción fuera del proyecto
- Póliza TRC / RCE
- Imprevistos

Los IMPREVISTOS generalmente constituyen una partida presupuestal que se utiliza cuando es necesario y, en caso de no emplearse, se convierte en un mayor valor para la utilidad. Con frecuencia, la apropiación o el uso del dinero asignado a imprevistos requiere una autorización dentro de la estructura de la empresa constructora. Algunos imprevistos pueden ser:

- Atrasos por efecto del clima
- Accidentes de trabajadores
- Obras adicionales
- Deslizamientos por efecto del clima
- Derrumbes

Este monto se utiliza consistentemente en el desarrollo del proyecto, dado que siempre existe un porcentaje de incertidumbre durante la ejecución de la construcción. La utilidad es un rubro estimado que resulta del logro de metas conjuntas, iniciadas con la inversión comprometida por grupos organizados con un propósito común para satisfacer una necesidad compartida o para obtener algún beneficio. Es fundamental analizar y estar informado sobre las reglamentaciones establecidas en torno al ámbito que rodeará al proyecto, para garantizar el retorno esperado.

Se propone un modelo técnico y práctico para el cálculo del AIU (Administración, Imprevistos y Utilidades), con el objetivo de reducir la subjetividad en su aplicación. Este

modelo se basa en la distribución de probabilidad beta, ya que al calcular el AIU se presenta ambigüedad en la asignación de los porcentajes más probables debido a factores como la complejidad de la obra y la dinámica de oferta y demanda en el sector.

La distribución de probabilidad beta permite generar una amplia variedad de perfiles. Se ha utilizado para representar variables cuyos valores están restringidos a un intervalo finito y para establecer ciertos límites de tolerancia sin necesidad de asumir una distribución normal.

Este modelo considera tres valores clave: un valor optimista, un valor probable y un valor pesimista, estimados por el contratista para la administración y utilidad, basándose en los costos directos totales de construcción. Cabe destacar que el término "Imprevistos" no se incluye en este modelo, ya que es más fácil de identificar y estimar dependiendo del tipo de contrato y obra a ejecutar. Por lo tanto, se debe prestar atención a otros factores específicos de cada contrato.

El modelo se define por tres parámetros:

Pc: Porcentaje esperado

Po: Porcentaje optimista

Pm: Porcentaje probable

Pp: Porcentaje pesimista

Una característica destacada de este modelo es que es cerrado, eliminando la posibilidad de valores extremos que puedan distorsionar el resultado. Aplicando esta fórmula a los porcentajes (optimista, probable y pesimista) de la administración y utilidad estimados por el contratista, se obtiene una estimación más precisa y confiable.

En la figura 4 representa lo que corresponde a las siglas de los términos Administración, Imprevistos y utilidad del proyecto de obra vertical aplicando la formula de los porcentajes

(optimista, probable y pesimista) de la administración y utilidad estimados, se obtiene una estimación más precisa y confiable del proyecto.

Figura 4.

Propuesta metodológica para el cálculo AIU

% ADMON OPTIMISTA	%ADMON PROBALE	%ADMON PESIMISTA
16	13	6
%UTILIDAD OPTIMISTA	% UTILIDAD PROBALBLE	% UTILIDAD PESIMISTA
20	15	10
COSTO DIRECTO		$ 1.135.220.049
CALCULO AIU		
	%	$
ADMINISTRACION	12.333.333.333	$ 1.400.104.727
IMPREVISTO	4	$ 45.408.020
UTILIDAD	15	$ 1.702.830.074
TOTAL AIU	31%	$ 3.557.022.821

Nota. Jacinto, (2019)

La tabla 4 se presenta un ejemplo de costos presupuestarios de ingeniería vertical que utilizan el enfoque AIU (Administrativo, Imprevisto y Servicios Públicos) incluye un proceso que garantiza precisión y coherencia en las estimaciones de costos. Dando inicio a la fase de gestión, los costos directos e indirectos se identifican, incluidos materiales, mano de obra y equipo, así como los costos del proyecto. Dando paso a la fase de contingencia, cada proyecto se analiza para determinar su precisión y las estimaciones se ajustando las circunstancias específicas del proyecto y los riesgos encontramos. Finalmente, la fase todos los costos revisados se consolidan e integran en un presupuesto, asegurando que todos los elementos del proyecto se

muestren correctamente. Este enfoque garantiza que los costos estén definidos ajustados a la realidad.

Tabla 4

Ejemplo de costos de presupuesto

CONSTRUCCION DE UN (01) GIMNASIO BIOSALUDABLE EN EL BARRIO VILLAS DEL TEJAR DEL MUNICIPIO DE LA PLAYA DE BELEN – NORTE DE SANTANDER ANEXO No. 2 PRESUPUESTO OFICIAL					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT	VR UNITARIO	VR TOTAL
CONSTRUCCIÓN GIMNASIO BIOSALUDABLE Y PARQUE INFANTIL BARRIO VILLAS DEL TEJAR					
1	PRELIMINARES				
1.1	LOCALIZACION Y REPLANTEO	M2	240	$3,882.00	$931,680.00
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2.1	EXCAVACION MANUAL	M3	24	$39,570.00	$949,680.00
2.2	RELLENO EN RECEBO COMPACTADO	M3	24	$53,700.00	$1,288,800.00
2.3	RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE INCLUYE ESCOMBROS	M3	31.2	$23,220.00	$724,464.00
3	CONCRETOS				
3.1	BORDILLO EN CONCRETO DE 3000 PSI DE 30 CM X10 CM	ML	63	$42,150.00	$2,655,450.00
3.2	CONCRETO DE 3000 PSI PARA PISO E = 10 CM	M2	99	$68,750.00	$6,806,250.00
3.3	SIEMBRA DE DURANTAS	UND	100	$14,290.00	$1,429,000.00
3.4	MALLA ELECTROSOLDADA	M2	99	$10,150.00	$1,004,850.00
4	ADECUACION DE PISOS				
4.1	PINTURA SOBRE PISO TRAFICO PESADO	M2	99	$18,540.00	$1,835,460.00
5	INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
5.1	INSTALACIÓN DE POSTE METÁLICO DE 3" PARA ILUMINACIÓN, INCLUYE LUMINARIA LED	UNIDAD	6	$623,775.00	$3,742,650.00
5.2	INSTALACIÓN DE ACOMETIDA ELÉCTRICA PARA ILUMINACIÓN, INLCUYE CABLE No 12 Y TUBERÍA	ML	50	$42,100.00	$2,105,000.00
6	SUMINISTRO DE ELEMENTOS Y EQUIPOS				
6.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EJERCITADOR PECTORAL SENTADO DOBLE	UNIDAD	1	$3,341,250.00	$3,341,250.00
6.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE KIT DE BARRAS PARALELAS	UNIDAD	1	$3,202,050.00	$3,202,050.00
6.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE COLUMPIO DOBLE	UNIDAD	1	$3,480,450.00	$3,480,450.00
6.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PONY	UNIDAD	1	$3,062,850.00	$3,062,850.00
6.5	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE JUEGO INFANTIL	UNIDAD	1	$7,934,850.00	$7,934,850.00
SUB -TOTAL COSTO DEL PROYECTO					$44,494,734.00
ADMINISTRACION (25%)					$11,123,684.00
IMPREVISTOS (1%)					$444,947.00
UTILIDAD (4%)					$1,779,789.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					$57,843,154.00

4.1.4 Metodología PERT

Una vez que se han elaborado todos los Análisis de Precios Unitarios (APU) de los distintos ítems, se incorporan los valores unitarios en el presupuesto. Previamente, se han registrado las cantidades de obra correspondientes, y al multiplicar estas cantidades por sus respectivos precios unitarios, se obtienen los costos directos del proyecto. Para calcular los costos indirectos, se aplica un porcentaje de incidencia del AIU (Administración, Imprevistos y Utilidades) sobre el valor de los costos directos. La suma de los costos directos e indirectos resulta en el presupuesto final del proyecto.

Diseño de Paquete de Trabajo para la Estimación de la Duración de un Proyecto de Construcción Vertical

Programación de Obra

Un proyecto de construcción debe completarse en un tiempo especificado de manera eficiente. Basándose en las actividades contempladas en el presupuesto, se elabora la programación de obra, que consiste en ordenar estas actividades en una secuencia lógica de ejecución, con sus respectivas interrelaciones y dependencias. Posteriormente, se procede a estimar la duración de cada actividad, considerando la incertidumbre y el riesgo asociado.

Este concepto tiene sus raíces en la Técnica de Revisión y Evaluación de Programas (PERT). El método PERT emplea tres estimaciones para definir un rango aproximado de duración de una actividad. Estas estimaciones, representadas por tres valores y distribuidas según una función específica, permiten calcular una duración esperada y determinar el grado de incertidumbre asociado. La ecuación utilizada es la siguiente:

$$Duracion\ estimada = \frac{p + 4MP + 0}{6}$$

Flujo de Caja

Con la programación de obra definida y el presupuesto aprobado por el director de proyectos, se procede a estimar el flujo de caja. Los costos directos e indirectos se entregan a la gerencia de la empresa para estimar las inversiones mensuales necesarias, asegurando que la ejecución del proyecto se realice de manera adecuada.

Diseño de Paquetes de Entregables para el Monitoreo y Control de Proyectos

Procedimiento de Monitoreo y Control de Costos

La etapa de monitoreo y control permite medir los resultados de manera precisa y confiable. Para llevar a cabo esta actividad, la empresa implementará un ciclo, representado en la Figura 3. Este ciclo debe completarse y repetirse tantas veces como sea necesario para cumplir los objetivos del proyecto.

Es importante aclarar que, aunque el principal objetivo del control del proyecto es concluir conforme a lo planeado, esto no siempre es posible. Las desviaciones pueden ocurrir debido a modificaciones en el alcance del contrato, decisiones tomadas fuera de tiempo, o circunstancias externas al proyecto, como devaluaciones o fenómenos meteorológicos.

En la figura 5 presenta un ciclo, donde la empresa garantizará un monitoreo y control y seguimiento como del presupuesto y el cronograma. La información, detallada por niveles según el tiempo de ejecución, permite pronosticar y tomar medidas acciones de manera que se pueda evitar antes de que ocurra alguna eventualidad. Al comparar los resultados obtenidos con lo planeado y calcular las desviaciones por capítulo o por ítem, se organiza la información necesaria

para identificar cualquier eventualidad y proponer soluciones. Tras este análisis, se toma una decisión para corregir la desviación.

Figura 5.

Proceso cíclico del control de costos



)

Fuente. Jacinto,(2019)

Procedimiento para Realizar Compras

Para la adquisición de materiales en un proyecto, la obra solicita al departamento de compras, mediante una requisición, los materiales necesarios, especificando la cantidad y la actividad para la cual se requieren. Esta solicitud debe enviarse con al menos 15 días de anticipación al inicio de la actividad según el cronograma de obra. El departamento de compras valida la información, solicita cotizaciones, elabora un cuadro comparativo, y el director de proyectos selecciona al proveedor. Luego, se emite la orden de compra y se realiza el pago. Este mismo procedimiento se aplica para el alquiler o compra de equipos.

Procedimiento para Realizar Contrataciones

Para contratar mano de obra o una combinación de mano de obra y suministro de materiales, se elabora un pliego de condiciones donde se especifican las actividades, cantidades y condiciones necesarias para su ejecución. Con las propuestas recibidas, se realiza un cuadro comparativo que incluye el valor de las propuestas, la forma de pago, los plazos de ejecución, y cualquier observación relevante. El director de proyectos selecciona al contratista, y se procede a formalizar el contrato. El contratista seleccionado debe proporcionar a la constructora las pólizas de cumplimiento, estabilidad civil, prestaciones sociales y, si es necesario, la póliza de buen manejo del anticipo antes de iniciar la ejecución del contrato.

Herramientas de Control

Los programas informáticos facilitan una gestión más eficiente de la información de los proyectos. Para el control de costos, la empresa Arquitectos Loft utilizará el software SAO, que incluye módulos para compras, equipos, inventarios y contratación. A través de estos módulos, se realizará el monitoreo y control del proyecto.

Módulo de Compras

Este módulo permite manejar requisiciones de materiales desde las distintas obras hacia el área de compras, controlar la aprobación de las requisiciones, solicitar cotizaciones a proveedores, analizar las cotizaciones, generar órdenes de compra manuales o automáticas basadas en listas de precios de los proveedores, y realizar análisis de valor presente neto.

Módulo de Equipos y Herramientas

Este módulo permite registrar el equipo propio o alquilado, controlar las salidas de equipo para uso interno, trasladar equipo entre obras, visualizar el kardex del equipo, registrar la

devolución del equipo alquilado, liquidar alquileres y confrontar el inventario teórico con el físico para realizar las nivelaciones correspondientes.

Módulo de Inventarios

Permite la valorización de inventarios por promedio o último precio, calcular inventarios a una fecha determinada, registrar entradas y salidas de materiales, hacer reintegros y devoluciones, y visualizar el saldo y costo del inventario en tiempo real. También permite ajustes por almacenamiento o pérdidas, y controla la relación entre remisiones de materiales y facturas.

Módulo de Contratación

Este módulo facilita la creación de contratos y la generación de actas de obra basadas en las cantidades aprobadas por la interventoría. Además, permite rastrear el estado de las actas y gestionar el valor ejecutado, lo recaudado, y el saldo pendiente.

En SAO, los costos de materiales, equipos y mano de obra se asignan a los ítems correspondientes del presupuesto. Si un ítem no estaba contemplado en el presupuesto autorizado, se cargará al proyecto, pero no se asignará a ninguna actividad específica, comenzando con un valor inicial de cero. Esto permite identificar elementos no previstos en la planificación y considerarlos en futuros presupuestos.

Informes y Análisis

Mensualmente, se presenta un informe a la gerencia que incluye un cierre de costos generado a través de los módulos del programa. Este informe detalla los costos reales facturados, que luego se comparan con los valores presupuestados para identificar desviaciones. Si una desviación supera el 5%, se procede a analizarla y a tomar decisiones para corregirla.

Para el control del cronograma, se utiliza el software Project, comparando la línea base con la fecha de corte para identificar actividades fuera de los tiempos establecidos y permitir modificaciones en la ruta crítica.

Control de Cambios en el Proyecto

En un proyecto de construcción, es común que surjan cambios a pesar de los estudios previos realizados. Para un control efectivo de costos, es crucial ajustar el presupuesto original y reflejar estos cambios tan pronto como ocurran. La mejor práctica para gestionar los cambios es mediante un formato de orden de cambio o alteración. Una vez decidido un cambio, su impacto en costos y tiempo debe incorporarse al presupuesto, y cada cambio debe documentarse y ser aprobado formalmente por el gerente del proyecto. Este sistema asegura que el presupuesto esté siempre actualizado y refleje los planes de ejecución actuales.

Costo Real del Proyecto

La gestión del valor ganado (EVM) es una metodología que combina medidas de alcance, cronograma y recursos para evaluar el desempeño y progreso del proyecto. Para implementar EVM, se establece una línea base (PMB) correspondiente al presupuesto autorizado o valor planificado (PV). Luego, se determina el valor ganado (EV), que representa el trabajo realizado en términos del presupuesto autorizado. El EV se utiliza para calcular el porcentaje completado del proyecto y establecer criterios de avance para cada componente de la EDT/WBS.

Los directores de proyecto monitorean el EV tanto en sus incrementos como en el total acumulado para establecer tendencias de desempeño a largo plazo. Finalmente, se calcula el costo real (AC), que es el costo incurrido por el trabajo realizado en un período específico. Este costo debe alinearse con lo presupuestado para el PV y medido por el EV.

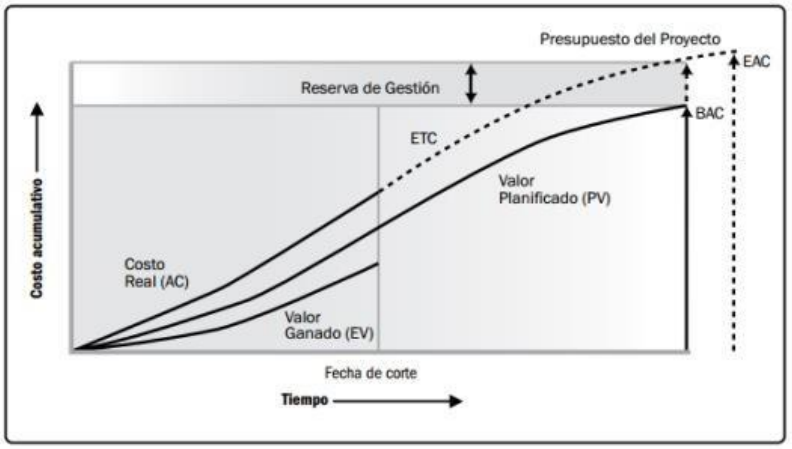
Al concluir el proyecto, se consolidan todos los datos para establecer el costo real final y evaluar las desviaciones respecto a la planificación inicial.

La figura 6 representa el valor “ganado con los costos reales" se centra en el análisis de rendimiento de un proyecto a través de la comparación entre el valor ganado y los costos en el cual se puede observar un gráfico, el valor ganado, que indica el valor del trabajo realmente realizado hasta la fecha, y otra representando los costos reales, que muestra el gasto que se tiene hasta el momento.

El valor ganado mide el avance del proyecto en términos de recursos y se calcula multiplicando el porcentaje de trabajo completado por el presupuesto asignado a esa tarea. Los costos reales, por su parte, reflejan el monto total de dinero que se ha gastado en el proyecto hasta la fecha.

Figura 6.

Valor ganado y costos reales



Fuente. Hernández, (2019)

El Método de Primer Orden Segundo Momento (FOSM) es una técnica utilizada para estimar los parámetros estadísticos, específicamente la media y la varianza, de una función de

comportamiento o de falla. Este método se basa en los primeros términos de la expansión en series de Taylor de la función en cuestión, considerando una aproximación lineal para determinar los momentos estadísticos clave.

Procedimiento del Método de Primer Orden Segundo Momento

Linearización: El FOSM comienza con una linearización de la función de comportamiento $g(X1, X2, \dots, Xn) g$ $\frac{X_1, X_2}{dots, X_n} g(X_1, X_2, \dots, Xn)$ alrededor de los valores medios de las variables alea $g(X_1, X_2, \dots, X_n) \approx (\mu X_1, \mu X_2, \dots, \mu Xn) + \sum_i^n = 1 \frac{\partial g}{\partial X_i} \mid X_i = \mu X_i (X_i - \mu X_i)$ donde $\frac{\partial g}{\partial X_i} \mid X_i = \mu X_i$ es la variables parcial de g con respeto X_i evaluando en los valores medios

Expansión en Serie de Taylor: La función g se expande en una serie de Taylor alrededor de la media de las variables aleatorias. La expansión se trunca después del término lineal, lo que da lugar a una aproximación de primer orden:

Primer Orden y Segundo Momento:

Primer Orden: Se refiere a la truncación después del término lineal de la expansión en Taylor, asumiendo que los términos de mayor orden son insignificantes.

Segundo Momento: Se refiere al cálculo de la varianza, que es un momento central de segundo orden. En este método, la varianza es la principal medida de dispersión utilizada.

Cálculo de la Media y Varianza**:**

La media **de la función $g(X)$ se aproxima por $g(\mu X)$ donde μX es el vector de medias de la variable aleatoria $X\iota$** la varianza **$g(X)$ se calcula utilizando la aproximación basada en la expansión de Taylor alrededor de(μX) :**

$$Var(g) \approx \left(\frac{\partial g}{\partial X_i}\Big|_{(\mu X)}\right)^2 Var(X_i) + 2\sum i < j \frac{\partial g}{\partial X_i}\Big|_{(\mu X)} \frac{\partial g}{\partial X_j}\Big|_{(\mu X)} Cov(X_i, X \quad ,$$

Aplicaciones y Limitaciones

Aplicaciones: El FOSM se utiliza en análisis de confiabilidad, ingeniería estructural y otros campos donde es necesario estimar rápidamente las características estadísticas de una función compleja.

Limitaciones: La precisión del método depende de la proximidad de la función $g(X)$ a una forma lineal, En problemas donde la función presenta una fuerte no linealidad, este método puede no ser adecuado, ya que la truncación de los términos de mayor orden puede introducir errores significativos.

Este método ofrece una solución simple y rápida para estimar la media y la varianza en problemas probabilísticos, particularmente cuando el análisis detallado es complejo o computacionalmente costoso.

4.2 Desarrollar la estructura metodología mediante herramientas técnicas, para la estimación del costo de los imprevistos en los presupuestos de obras verticales teniendo en cuenta los riesgos técnicos.

Teniendo en cuenta la metodología PMBOK se creó un flujo de procesos para desarrollar la estructura metodológica está en la figura 9 se mostrarán las entradas técnicas y herramientas de salida de cada proceso

Caracterización de la empresa de estudio

Para la ejecución del proyecto se recurrió a la empresa Construcciones Civiles SAS, de la ciudad de Cúcuta, con la cual se buscó abordar la identificación y análisis de riesgos técnicos en obras verticales, en ello se aplicó una metodología basada en los principios del Project Management Institute (PMI), a través de un enfoque sistemático y riguroso, se han identificado los riesgos potenciales que pueden afectar los proyectos evaluado su probabilidad de ocurrencia e impacto, y desarrollado estrategias y posible respuesta adecuadas para cada uno de ellos.

Descripción de la empresa Construcciones Civiles SAS:

Construcciones Civiles SAS es una empresa líder dedicada a la construcción de proyectos de ingeniería, obras civiles y proyectos de consultoría. Fundada en 2014, nuestra empresa ha acumulado una amplia experiencia y reconocimiento en el sector de la construcción.

Nuestra empresa se especializa en el desarrollo de proyectos de ingeniería, abarcando diversas áreas como infraestructuras viales, hidráulicas, edificaciones, consultorías, entre otras.

En Construcciones Civiles abarca desde la concepción y diseño del proyecto, hasta su construcción, supervisión y entrega final. Con un enfoque que se basa en la excelencia y la atención meticulosa a los detalles, garantizando que cada proyecto cumpla con los más altos estándares de calidad y seguridad.

Además de la construcción de proyectos de ingeniería, también ofrece servicios de consultoría en el sector de la construcción. Con un equipo de consultores altamente calificados que brindan asesoramiento de experto en aspectos técnicos, legales, financieros y de gestión de proyectos, ayudando a tomar decisiones informadas y optimizar y de mayor claridad en el desarrollo de los proyectos.

En Construcciones Civiles SAS, tiene como Visión superar las expectativas de los clientes, brindando soluciones innovadoras, eficientes y sostenibles. Enfocando por establecer relaciones sólidas y duraderas basadas en la confianza, la transparencia y el compromiso.

El compromiso con la calidad, la seguridad y el cumplimiento de los plazos ha permitido ejecutar con éxito una amplia variedad de proyectos de construcción en todo el país. Valorando la responsabilidad social y enfocándose por contribuir al desarrollo sostenible de las comunidades.

La tabla 5 presenta los presupuestos ejecutados en el proyecto, los cuales fueron tomados de las empresas identificadas. Se seleccionaron tres proyectos de construcción de ingeniería vertical en los municipios de Playa Belén, Villas del Tejar y el Distrito de Aspasica, y se analizaron los riesgos asociados a su ejecución. Estos presupuestos, considerados por sus montos económicos y su impacto en los diferentes proyectos, pueden visualizarse en los anexos correspondientes del apéndice proyecto 1, proyecto 2 y proyecto 3 del documento.

Tabla 5.

Selección de tres proyectos de construcción de ingeniería vertical en el Municipio de Playa Belén de acuerdo a las empresas seleccionadas para el estudio.

	Proyecto	Monto Económico	Duración	empresa
Proyecto 1	Estudios Y Diseños Para La Construcción De Aulas, Comedor, Batería Sanitaria, Muro De Contención Y Sistema Solar Fotovoltaico De La Sede Educativa Del Corregimiento La Vega De San Antonio Del Municipio De La Playa De Belén Norte De Santander	$1,638,919,138	12 meses	Reingenerias Ltda
Proyecto 2	Estudios Y Diseños Para La Ampliación, Del Colegio Integrado Gilberto Claro Lozano Del Corregimiento De Aspasica Municipio De La Playa De Belén Norte	$ 1,559,497,236	10 meses playa	Consorcio Diseños la
Proyecto 3	Construcción De Un (01) Gimnasio Biosaludable En El Barrio Villas Del Tejar Del Municipio De La Playa De Belén – Norte De Santander	$1.172.843.605	18 meses	Juanacol ingeniería SAS

Fuente. Autora del proyecto

En la tabla 6 evidencia la empresas constructoras para el proyecto propuesta metodológica para la estimación de costos de los imprevistos en los presupuestos de obras verticales, en el cual se seleccionaron las 20 empresas constructoras teniendo en cuenta La muestra elegida que fue fijada en población finita tomando en cuenta la fórmula para la obtención de información, es por ello que la muestra de este estudio está conformada por veinte empresas donde se analizaron los diferentes presupuestos en algunos Municipios de la región, para identificar riegos técnicos. Estas representan una muestra representativa del sector en la región, permitiendo una evaluación detallada facilitando el desarrollo de una metodología ajustada a la realidad y a las particularidades del entorno. Esta selección también promueve la aplicabilidad de la propuesta metodológica, garantizando que los resultados sean útiles y

favorables para la región; teniendo en cuanta que estas empresas su accionar está dispersa en la región del Catatumbo.

Tabla 6.

Empresas constructoras identificadas en la región del Catatumbo

Constructoras	Ubicación y sedes
CONSORCIO DISENOS LA PLAYA 2021	Ocaña- la playa
JUANCOL INGENIERIA SAS	Ocaña- la playa
OCT CONSTRUCTORA SAS	Ocaña, Teorema
CONSTRUCTORA BOHORQUEZ DE COLOMBIA SOCIEDAD POR ACCIONES SIMPLIFICADA	Ocaña
INVERSIONES INCA CONSTRUCTORA S A S	Ocaña
CONSTRUCTORA GOMAR S A S	Ocaña
VERDE URBANO CONSTRUCTORES S A S	Ocaña
CONSTRUCTORA CANNAN	Abrego
CONSTRUCTORA JOSEBER LTDA	Ocaña -Buenavista
CT CONSTRUCCIONES INMOBILIARIA SAS	Ocaña
CONSTRUCCIONES VALE S.A.S	Ocaña
CONSTRUCTORA ARDICO SAS	Ocaña
CONSTRUPROYECTOSCYM S.A.S	Ocaña
REINGENERIAS LTDA	Ocaña-La playa
CLS CONSTRULEAN MANAGEMENT SUPERVISION	Ocaña-El Carmen
EVER LEONARDO RAMIREZ ARIAS	Ocaña
PROEXI INGENERIAS S.A.S	Ocaña-La Playa
CAMILO ALFREDO CHURIO	Ocaña-Tarra
RN INGENERIAS	Ocaña

Fuente. Autora del proyecto

En la tabla 7 se proporciona información detallada de algunas empresas constructoras de la región del Catatumbo, especificando aquellas que tienen proyectos en la región. Se identifican junto con el número de contrato registrado en SECOP II, lo que facilita la consulta y seguimiento del proyecto. Para aclarar, no todas las empresas listadas en el cuadro anterior tienen proyectos directamente con el municipio, muchas de ellas están involucradas en iniciativas que cubren diferentes áreas de la región. Esta distinción es crucial para comprender la distribución y el impacto de la actividad constructora en el Catatumbo, brindando una visión completa de sus contratos y proyectos.

Tabla 7.

Información detallada de algunas empresas constructoras de la región del Catatumbo

MT-SA-MC-027-2023	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DEL HOGAR DE BIENESTAR DEL ADULTO MAYOR PARA GARANTIZAR LA EFICIENCIA EN LOS SERVICIOS DE ATENCIÓN INTEGRAL EN EL MUNICIPIO DE EL TARRA NORTE DE SANTANDER	ALCALDÍA MUNICIPAL DE EL TARRA, NORTE DE SANTANDER	CAMILO ALFREDO CHURIO BAYONA	$ 184.739.954,00
MT-SA-MC-017-2023	CIERRE CLAUSURA, RESTAURACIÒN AMBIENTAL DEL BOTADERO Y CONSTRUCCIÒN DE UNA CELDA PARA DISPOSICION FINAL, EN EL CORREGIMIENTO DE FILO EL GRINGO EN EL MUNICIPIO DE EL TARRA NORTE DE SANTANDER	ALCALDÍA MUNICIPAL DE EL TARRA, NORTE DE SANTANDER	CAMILO ALFREDO CHURIO BAYONA	$ 79.860.795,00
MT-SA-MC-026-2023	MEJORAMIENTO DE ESCENARIOS DEPORTIVOS EN EL MUNICIPIO DE EL TARRA NORTE DE SANTANDER	ALCALDÍA MUNICIPAL DE EL TARRA, NORTE DE SANTANDER	PROEXI INGENIERIA SAS	$ 127.797.494
SA-MC-004	CONSTRUCCION DE UN GIMNASIO BIOSALUDABLE EN LA URBANIZACION VILLA DEL TEJAR DEL MUNICIPIO DE LA PLAYA DE BELEN, NORTE DE SANTANDER	MUNICIPIO DE LA PLAYA DE BELEN	PROEXI INGENERIAS	$ 49.978.754
MT-LP-001-2023	ESTUDIOS, DISEÑOS Y CONSTRUCCION DEL PROYECTO SACUDETE AL PARQUE TIPO 1 OPCION 1, EN EL MUNICIPIO EL TARRA NORTE DE SANTANDER	MUNICIPIO DE EL TARRA	RN INGENERIA S.A.S	$ 1.323.645.000

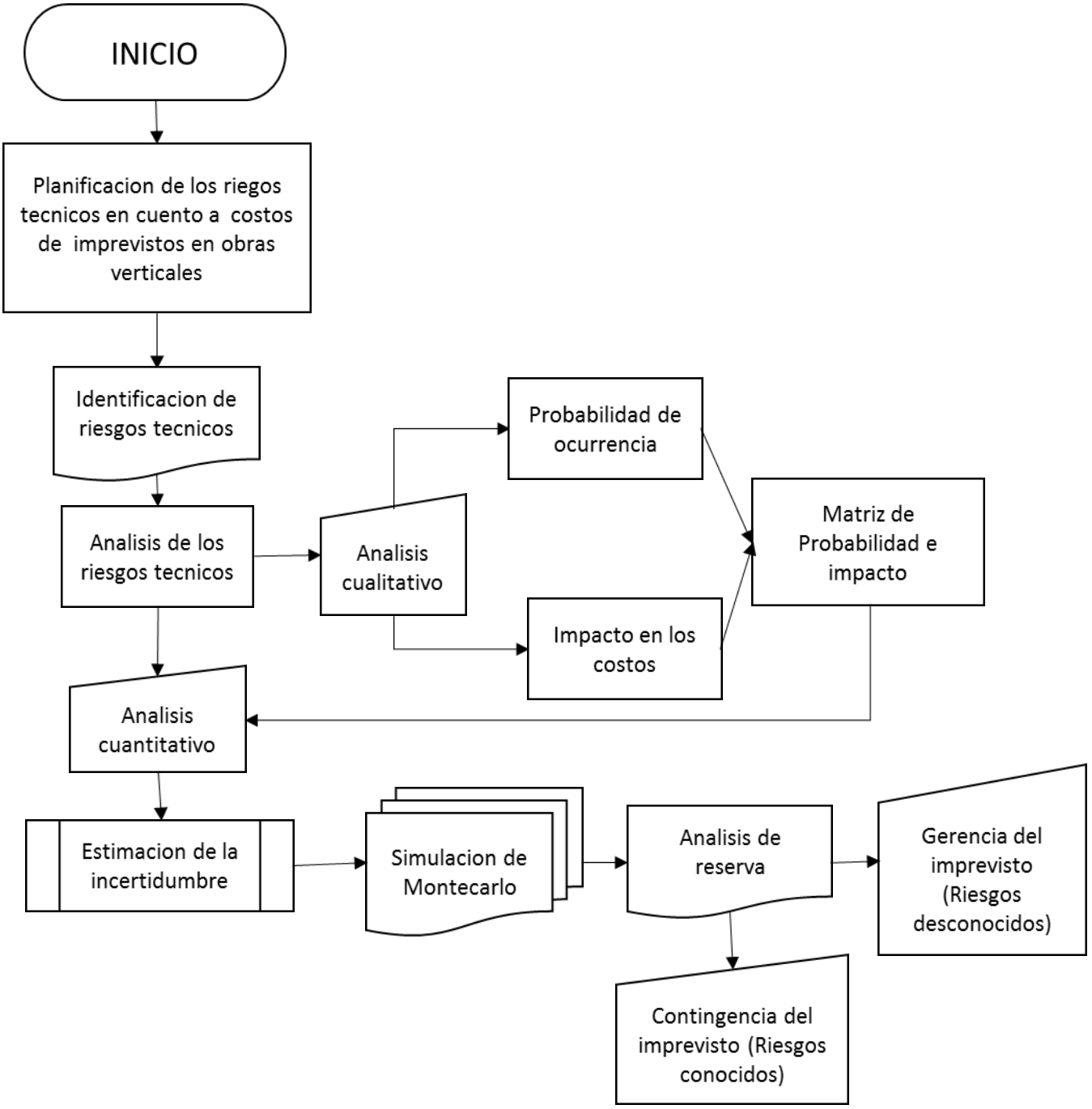
MIN_008_CO_002-2022	MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL C.D.I DEL CORREGIMIENTO DE SAN PABLO EL MUNICIPIO DE TEORAMA NORTE DE SANTANDER	MUNICIPIO DE TEORAMA	CONSTRUCOL SAS	$ 22.522.315
A-SAMC-003-2019	MEJORAMIENTO Y ADECUACIN DE VIVIENDA RURAL DEL MUNICIPIO DE EL CARMEN, NORTE DE SANTANDER	EL CARMEN	CLS INGENERIAS	$55.000.000

La figura 7 representa la metodología propuesta de estimación de costos de imprevistos en el presupuesto de obras verticales de la región del Catatumbo la cual se divide en varias etapas.

La planificación del riego es la identificación detallada de los riesgos técnicos específicos de la región, incluidos factores geológicos, climáticos y logísticos. En la segunda fase, se evalúa la probabilidad y el impacto de cada riesgo identificado mediante herramientas de análisis cualitativo y cuantitativo. Y finalmente, se desarrolla un modelo de estimación de costos basado en los datos recopilados que integra variables regionales y tecnológicas para así verificar mediante simulación y ajuste de Monte Carlo para garantizar su precisión y aplicabilidad.

Figura

7 . *Metodología propuesta para la estimación de costos de imprevistos en el presupuesto de obras verticales de la región del Catatumbo*



Fuente: Autora de la investigación

La tabla 8 a continuación representa la aplicación del método de estimación de costos de los imprevistos propuesto, está organizada en una secuencia para facilitar la implementación práctica del método. Se inicia por planificar los riesgos técnicos y los costos de los imprevistos en presupuestos de obras verticales, identificando cada riesgo potencial relacionado con factores como la geología, el clima y las condiciones logísticas. Dando paso a la clasificación de riesgos, una matriz de probabilidad de impacto, donde se asignan niveles de probabilidad e impacto a cada riesgo identificado mediante una escala de evaluación. Luego, los costos asociados a cada riesgo se cuantifican mediante estimaciones en datos históricos, estado del arte que reflejan el costo potencial si el riesgo ocurre dando paso así al análisis cuantitativo que involucra la inclusión de costos En el presupuesto, los costos estimados de estos imprevistos se incluyen al presupuesto general del proyecto y las partidas correspondientes se ajustan para reflejar posibles situaciones inesperadas. Para finalmente determinar las estimaciones de incertidumbre a través de monitoreo y revisión, lo que permite ajustes periódicos a medida que surgen nuevos riesgos o datos adicionales están disponibles, asegurando que las estimaciones sean adaptables y precisas durante todo el proyecto, esto garantiza que cada etapa del proyecto se gestione de manera ordenada y eficiente, optimizando la planificación financiera y reduciendo el impacto de imprevistos durante la ejecución del proyecto.

Tabla 8.

Aplicación de la metodología

Aplicación de la metodología			
Proceso	Entradas	Técnicas y herramientas	Salidas
Planificación de los riegos técnicos en cuanto a costos de imprevistos en obras verticales	Revisión de documentos: Análisis histórico	Entrevista reuniones	Plan para gestionar los riegos técnicos de los costos de los imprevistos de obras verticales
Identificación de riesgos	se realizan análisis exhaustivos para identificar los riesgos específicos asociados con el proyecto de obras verticales	Examinar factores financieros, técnicos, legales, ambientales y de gestión que puedan representar una amenaza para el éxito del proyecto	

Análisis de los riegos técnicos	Se determina el factor de imprevisto necesario para cubrir la incertidumbre identificada. Este factor de imprevisto se refiere a una reserva adicional de recursos, generalmente en términos de costos, que se incluye en el presupuesto del proyecto para hacer frente a posibles contingencias.	Recopilación de información, la revisión documental, y principalmente el presupuesto del proyecto. Permite una mayor transparencia y claridad en la identificación y gestión de riesgos, lo que a su vez mejora la toma de decisiones y ayuda a evitar sorpresas costosas durante la ejecución del proyecto.	Inicialmente se realiza la identificación de la EDR,
Clasificación de riesgos:	EDR (estructura de desglose de riegos Lista de riegos	Lista completa de riesgos específicos dentro de cada categoría y subcategoría del EDR.	Registro de riegos
Matriz de probabilidad de impacto	Matriz de evaluación de riesgos que combine los factores de importancia y probabilidad de ocurrencia de cada riesgo.	Clasificar los riesgos en categorías de riesgo alto, medio y bajo según su importancia y probabilidad de ocurrencia.	Metodología PMI para calcular factores imprevistos

Análisis cuantitativo	Determinar la probabilidad de ocurrencia: técnicas estadísticas para simular múltiples escenarios y evaluar la probabilidad de diferentes resultados en función de la incertidumbre y los riesgos identificados	Consulta de expertos, el análisis de datos históricos y otros criterios para evaluar la probabilidad de que ocurra cada riesgo.	Simulación de Montecarlo. Esto proporciona una visión más completa de los posibles resultados y ayuda a tomar decisiones informadas sobre la gestión de riesgos.
Estimación de la incertidumbre	Una vez que se han identificado los riesgos, se procede a estimar la incertidumbre asociada a cada uno de ellos.	Evaluar la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo y su posible impacto en el proyecto en términos de costos, tiempo y calidad.	

Fuente. Autora del proyecto

Plan de Tratamiento de Riesgos

El Plan de Tratamiento de Riesgos es una parte esencial en la gestión de proyectos, diseñada para abordar y manejar los riesgos identificados de manera efectiva. Aquí se detallan los riesgos, sus tratamientos correspondientes y las responsabilidades asignadas:

1. Riesgos Financieros:

1.1 Falta de financiamiento adecuado para el proyecto:

Mitigación: Diversificar las fuentes de financiamiento y celebrar acuerdos con diversas instituciones bancarias e inversionistas.

Responsable: Equipo de Finanzas.

1.2 Incremento de los costos de construcción:

Mitigación: Realizar análisis tempranos de costos y contratar proveedores a precios fijos a largo plazo.

Responsable: Equipo de Procuras y Contrataciones.

1.3 Fluctuaciones de precios de materiales de construcción:

Mitigación: Utilizar contratos de suministro con cláusulas que protejan contra cambios extremos de precios.

Responsable: Equipo de Procuras y Contrataciones.

1.4 Inestabilidad económica afecta la capacidad de pago de los compradores:

Evitar: Realizar estudios de mercado previos para asegurar la demanda y evitar proyectos en zonas con alta inestabilidad económica.

Responsable: Equipo de Investigación de Mercados.

2. Riesgos Tecnológicos y Constructivos:

2.1 Defectos de estructura o diseño arquitectónico:

Mitigación: Contratar servicios de diseño y arquitectura con experiencia y buena reputación.

Responsable: Equipo de Diseño y Arquitectura.

2.2 Problemas de calidad durante la construcción:

Evitar: Implementar controles de calidad exhaustivos durante todo el proceso constructivo.

Responsable: Equipo de Control de Calidad.

2.3 Retraso en la entrega de materiales o equipos:

Mitigación: Construir relaciones sólidas con proveedores confiables y mantener inventarios estratégicos de materiales críticos.

Responsable: Equipo de Procuras y Contrataciones.

2.4 Fallas eléctricas, de plomería u otras fallas importantes del sistema**:**

Mitigación: Realizar inspecciones técnicas periódicas y trabajar con profesionales calificados para la instalación y mantenimiento de los sistemas.

Responsable: Equipo de Mantenimiento y Reparación.

3. Riesgos Regulatorios y Legales:

3.1 Incumplimiento de las normas de construcción y regulaciones gubernamentales:

Evitar: Designar un equipo de expertos legales para garantizar el cumplimiento de todas las normas pertinentes.

Responsable: Equipo Jurídico.

3.2 Retraso en la obtención de permisos y licencias:

Traslado: Contratar servicios profesionales que agilicen el proceso de obtención de licencias.

Responsable: Equipo Jurídico.

3.3 Disputas legales relacionadas con el proyecto:

Mitigación: Establecer seguros y acuerdos contractuales para protegerse contra posibles litigios.

Responsable: Equipo Jurídico.

3.4 Cambios en la normativa de vivienda social:

Transferencia: Estar al tanto de los cambios regulatorios y ajustar los proyectos en consecuencia.

Responsable: Equipo de Cumplimiento Normativo.

4. Riesgos Ambientales y Geográficos:

4.1 Daños causados por desastres naturales:

Traslado: Obtener un seguro que cubra los daños causados por desastres naturales.

Responsable: Equipo de Seguros.

4.2 Problemas de ubicación del proyecto:

Evitar: Realizar un estudio de viabilidad detallado antes de seleccionar el sitio del proyecto.

Responsable: Equipo de Investigación de Mercados.

4.3 Impactos ambientales negativos:

Mitigación: Implementar medidas de mitigación ambiental y monitoreo continuo.

Responsable: Equipo de Gestión Ambiental.

5. Gestión de Riesgos del Proyecto:

5.1 Ineficiencia en la planificación y programación del proyecto:

Mitigación: Establecer cronogramas realistas y utilizar herramientas eficientes de gestión de proyectos.

Responsable: Equipo de Gestión del Proyecto.

5.2 Problemas de coordinación entre los diferentes participantes:

Mitigación: Designar un dueño claro del proyecto y establecer canales de comunicación efectivos.

Responsable: Equipo de Gestión del Proyecto.

5.3 Falta de experiencia en el equipo directivo:

Mitigación: Capacitar al equipo directivo y/o contratar asesoramiento externo cuando sea necesario.

Responsable: Equipo de RRHH.

5.4 Escasez de mano de obra calificada:

Transferencia: Establecer alianzas con instituciones educativas y/o empresas de formación para garantizar el acceso a una fuerza laboral calificada.

Responsable: Equipo de RRHH.

5.5 Problemas de comunicación interna o externa:

Mitigación: Implementar reuniones regulares y herramientas de comunicación efectivas para garantizar una comunicación fluida entre todos los involucrados.

Responsable: Equipo de Comunicaciones.

Factor de Imprevistos según el PMI

El factor de imprevistos es una reserva de recursos adicionales, generalmente en forma de costos, incluida en el presupuesto del proyecto para abordar riesgos inesperados o imprevistos. Las razones para su inclusión son:

Gestión de Riesgos: Proporciona una reserva para hacer frente a eventos inciertos sin afectar significativamente el presupuesto general.

Flexibilidad Financiera: Permite manejar imprevistos sin necesidad de recurrir a recursos adicionales.

Cumplimiento Contractual: Asegura que las obligaciones contractuales se puedan cumplir en caso de contingencias imprevistas.

Estimación Precisa de Costos: Mejora la estimación de costos al considerar riesgos e incertidumbres, conduciendo a una estimación más realista.

Simulación de Monte Carlo

El método de Monte Carlo es una técnica estadística utilizada para resolver problemas complejos mediante la generación de variables aleatorias que representan la ocurrencia de eventos según una distribución de probabilidad. Es ampliamente utilizado en la gestión de costos y plazos en proyectos de ingeniería civil, permitiendo realizar estimaciones más precisas a través de la simulación de diferentes escenarios. Este método requiere un conocimiento profundo de las variables y sus relaciones para generar resultados confiables y es particularmente útil para establecer reservas presupuestarias en función de los riesgos identificados.

Aplicaciones

Distribución Uniforme

La distribución uniforme es una de las más simples en cuanto a concepto y aplicación. Se utiliza cuando se asume que todos los valores dentro de un rango son igualmente probables, es decir, no existe información previa que sugiera que algún valor en particular tenga mayor o menor probabilidad de ocurrir. Esto la hace útil en situaciones en las que el conocimiento sobre el evento es limitado o en los primeros pasos de la planificación, donde la información es escasa.

Características de la Distribución Uniforme:

Rango Definido: La distribución uniforme se define entre dos límites, un mínimo (a) y un máximo (b). Cualquier valor entre estos dos extremos es igualmente probable.

Probabilidad Constante: La probabilidad de cualquier valor dentro del rango es constante. Esto significa que el gráfico de la distribución uniforme es una línea recta horizontal entre los valores de (a) y (b).

Media y Varianza:

La media de la distribución uniforme se calcula como La varianza se calcula como, lo que indica la dispersión de los valores posibles alrededor de la media.

Aplicación en la Estimación de Duración y Costos:

Estimación de Duración: Se aplica cuando hay incertidumbre sobre la duración de una actividad, y todos los posibles tiempos entre el mínimo y el máximo se consideran igualmente posibles.

Estimación de Costos: Es útil en situaciones donde no hay datos históricos y se requiere hacer una estimación preliminar del costo, considerando un rango de valores.

Ejemplo de Uso en Proyectos de Construcción:

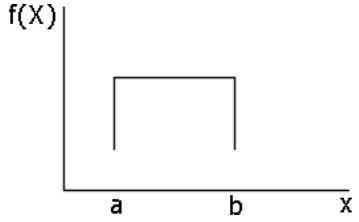
Supongamos que, en la planificación de una actividad de construcción, como la instalación de un sistema de plomería, no se dispone de información precisa sobre la duración. Se estima que podría durar entre 5 y 15 días. Usando la distribución uniforme, se asumiría que cualquier duración dentro de ese rango tiene la misma probabilidad de ocurrir, facilitando la inclusión de esta incertidumbre en la planificación del proyecto.

La distribución uniforme presente en la figura 8 es un punto de partida en la estimación de actividades o costos bajo incertidumbre, pero conforme se obtenga más información, se

pueden usar distribuciones de probabilidad más sofisticadas y ajustadas a la realidad del proyecto.

Figura 8.

Distribución uniforme



Función densidad

$$f(x) = \{\begin{matrix}\frac{1}{b-a} \\ 0\end{matrix}$$

$$a \leq x \leq b$$

Función distribución

$$F(x) = \{\begin{matrix}0 \\ \frac{x-a}{b-a} \\ 1\end{matrix}$$

En qué; $F(x) = \int_{-\infty}^{x} f(t)dt$

$$E(x) = \frac{a+b}{2}$$

$$V(x) = \frac{(b-a)^2}{12}$$

Nota. Jaller, (2016)

Una de las formas de utilizar la distribución uniforme en la simulación de Monte Carlo es empleando el Método de Transformación Inversa. Este método consiste en los siguientes pasos:

Se genera un número aleatorio RRR.

Se establece que $R = F(x)R\ = \ F(x)R = F(x)$, donde FFF es la función de distribución acumulativa (CDF) de la variable aleatoria xxx.

Se determina el valor de X resolviendo la ecuación

$$\boldsymbol{R = f(X)R = F(X)R = F(X)}$$

Para una distribución uniforme continua en el intervalo [a, b] [a, b] [a, b], la función de distribución acumulativa $\boldsymbol{f(X)f(X)f(X)}$ es

$$\boldsymbol{f(x) = x - ab - aF(x)\ = \frac{f(x) = x - ab - aF(x)}{frac\,\{x\ -\ a\}\,\{b\ -\ a\}\,F(x)} = b - ax - a}$$

Para aplicar el Método de Transformación Inversa, se procede de la siguiente manera:

1. $Se\ genera\ un\ número\ aleatorio\ RRR\ en\ el\ intervalo$ [0,1] [0, 1] [0,1].
2. $Se\ establece\ que\ R = F(x)R\ =\ F(x)R = F(x), lo\ que\ lleva\ a$:

$$\frac{R = x - ab - aR}{frac\,\{x\ -\ a\}\,\{b\ -\ a\}\,R} = = b - ax - a$$

3. $Se\ resuelve\ para\ x$

$$x = a + R \cdot (b - a)\ x\ \frac{=\ a\ +\ R}{cdot\ (b\ -\ a)\ x} = a + R \cdot (b - a)$$

Por lo tanto, el valor de x se obtiene mediante la fórmula:

$$x = a + R \cdot (b - a)\, x \; = \frac{a \; + \; R}{cdot\, (b \; - \; a)\, x} = a + R \cdot (b - a)$$

Distribución Triangular

La distribución triangular utiliza tres parámetros: *aaa, bbb y ccc, que corresponden al* valor mínimo, el valor máximo y el valor más probable, respectivamente, tal como se muestra en la figura siguiente.

1. **Valor mínimo (aaa)**: Es el valor más bajo que puede tomar la variable.
2. **Valor más probable (ccc)**: Es el valor más probable o el modo de la distribución, donde se espera que la mayoría de los datos se concentren.
3. **Valor máximo (bbb)**: Es el valor más alto que puede tomar la variable.

La distribución triangular es frecuentemente utilizada en la planificación de proyectos cuando se tiene una estimación subjetiva de los valores posibles, especialmente cuando se carece de suficientes datos históricos. Esta distribución es fácil de entender e implementar, y proporciona una buena aproximación en situaciones donde se dispone de una cantidad limitada de información.

La función de densidad de probabilidad (PDF) de la distribución triangular se define de la siguiente manera:

- Función densidad $f(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} & a \leq x \leq c \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)} & c \leq x \leq c \\ 0 & x > b \end{cases}$

- Función distribución $f(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{(x-a)^2}{(b-a)(c-a)} & a \leq x \leq c \\ 1 - \frac{(b-x)^2}{(b-a)(b-c)} & c \leq x \leq b \\ 1 & x > b \end{cases}$

Para aplicar el Método de Transformación Inversa, seguimos estos pasos:

$$Luego\ para\quad a \leq x \leq c$$

$$F(x) = R$$

$$F(x) = \frac{(x-a)^2}{(b-a)(c-a)} = R$$

$$X = a + \sqrt{R(b-a)(c-a)}$$

$$Luego\ para\quad c \leq x \leq b$$

$$F(x) = R$$

$$F(x) = 1 - \frac{(b-x)^2}{(b-a)(b-a)} = R$$

$$X = b - \sqrt{(1-R)(b-a)(b-a)}$$

Por lo tanto, dependiendo del valor de R, se usa una de las dos fórmulas anteriores para determinar x

La distribución triangular es ampliamente utilizada en simulación Monte Carlo. Según Walls et al. (1998), se recomienda especialmente para análisis financieros cuando no se dispone de información histórica de datos. Por otro lado, Graves (2001) la propone como una distribución inicial para comenzar a simular antes de explorar distribuciones más complejas.

Esta distribución se caracteriza por definirse mediante tres parámetros: el valor mínimo

a

a, el valor máximo

b

b, y el valor más probable

c

c. Es útil en situaciones donde se requiere modelar la incertidumbre de manera sencilla pero efectiva, permitiendo capturar la variabilidad inherente en estimaciones y planificaciones de proyectos.

La distribución Beta

La distribución Beta es ampliamente utilizada para modelar la duración de actividades, y fue la distribución considerada por los desarrolladores del método PERT (Ahuja et al., 1994). Esta distribución tiene cuatro parámetros representados $por\ \alpha, \beta, C, D\backslash alpha, \backslash beta, C, D\alpha, \beta, C,$ D, donde $\alpha\backslash alpha\alpha\ y\ \beta\backslash beta\beta$ son parámetros de forma, $y\ CCC\ y\ DDD$ son los límites. La especificación de los límites $CCC\ y\ DDD$ es crucial y suele ser determinada por expertos en la materia, lo que hace que la distribución Beta requiera un parámetro adicional para caracterizarla adecuadamente.

En sus inicios, los desarrolladores del método PERT supusieron que la desviación estándar debería ser 16\frac {1}{6}61 de la diferencia entre los límites CCC y DDD, lo cual facilitaba la determinación de los valores de los parámetros restantes. Actualmente, este supuesto ha sido ajustado empíricamente a un factor de 13.2\frac {1} {3.2}3.21 en lugar de 16\frac {1}{6}61.

La distribución Beta presenta varias ventajas sobre otras distribuciones como la Log-Normal, triangular, gamma y uniforme. Por ejemplo, su función de densidad de probabilidad puede ajustarse a muchas formas diferentes, como se ilustra en la Figura 7. Esto la hace especialmente útil para representar actividades cuyas duraciones pueden acercarse tanto a escenarios pesimistas como optimistas, dependiendo de la configuración de sus parámetros. En contraste, la distribución normal carece de esta flexibilidad ya que es simétrica en torno a la media y no puede capturar esta diversidad de formas de distribución.

$$f(x;\alpha,\gamma,L,U) = \begin{cases} \dfrac{\Gamma(\alpha+\delta)(x-L)^{\alpha-1}(U-x)^{\gamma-1}}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\gamma)(U-L)^{\alpha+\gamma-1}} & si\ L \le x \le U \\ 0 & \sim \end{cases}$$

$$r(z) = \int_0^a t^{z-1}e^{-t}dt\ \forall z > 0$$

La desviación de la distribución beta está dada por la siguiente ecuación:

$$\mu = \frac{\alpha U + \gamma L}{\alpha + \gamma}$$

$$\sigma^2 = \frac{(U-L)^2\alpha\gamma}{(\alpha+\gamma)^2(\alpha+\gamma-1)}$$

Los desarrollos de PERT simplificaron la estimación de los parámetros de la media y la varianza para facilitar el procesamiento computacional de la siguiente manera.

$$\mu = \frac{(L+4M+U)}{6}$$

$$\sigma^2 = (\frac{U - L}{6})^2$$

De hecho, la distribución beta que satisface esas condiciones debe tener los siguientes factores de forma α y γ (ver Grubs. 1962)

$$\alpha = 2 + \sqrt{2} \text{ y } \gamma = 2 - \sqrt{2}$$

$$\alpha = 2 - \sqrt{2} \text{ y } \gamma = 2 + \sqrt{2}$$

$$\alpha = 3 \ y \ \gamma = 3$$

La distribución Beta-PERT es una variante de la distribución Beta que se encuentra programada en complementos para simulaciones Monte Carlo, como @Risk, donde se especifican valores para el mínimo, el más probable y el máximo. En esta distribución, el parámetro de forma se calcula a partir del valor más probable, lo que la convierte en una distribución de probabilidad acotada.

AbouRizk y Halpin (1992) encontraron que la distribución Beta puede aproximarse adecuadamente mediante una distribución triangular para simplificar los cálculos. La distribución triangular requiere únicamente tres parámetros para la duración o el costo: pesimista, optimista y el valor más probable.

Distribuciones Abiertas

Las distribuciones mencionadas anteriormente son doblemente acotadas. Sin embargo, algunos autores proponen el uso de distribuciones abiertas como la distribución logarítmica normal en lugar de las distribuciones cerradas (como la distribución triangular) en simulaciones

Monte Carlo (Graves, 2001). En una distribución cerrada, se descarta explícitamente la posibilidad de que la duración de una tarea pueda completarse antes del mínimo o superar el máximo establecido. En proyectos reales, este supuesto puede no cumplirse, ya que los eventos de riesgo pueden surgir inesperadamente y afectar seriamente al proyecto.

Graves también sugiere que, al emplear una distribución de composición abierta, el director de proyecto debe obtener una estimación base y considerar una gama de posibilidades que puedan reflejar mejor la incertidumbre y los riesgos asociados al proyecto.

Para abordar imprevistos y estimaciones de probabilidad de sobrecosto, en lugar de utilizar estimaciones para el más probable, el peor y el mejor de los casos, se pueden emplear distribuciones abiertas. Estas describen una tarea especificando tres cantidades:

Estimación base: Es el costo o tiempo necesario si todo va según lo planeado inicialmente.

Cantidad de Contingencia: Representa el costo o tiempo adicional previsto necesario si las cosas no se desarrollan según lo planeado.

Probabilidad de excedencia: Indica la probabilidad de que el costo o tiempo real supere la contingencia asignada.

El porcentaje de contingencia razonable generalmente varía entre el 10% y el 50%, aunque su adecuación depende del alcance definido para cada tarea. La probabilidad de excedencia permite capturar la información faltante que rodea cada tarea, como se muestra en la

Tabla 9. Este enfoque permite una gestión más flexible y adaptativa de los riesgos y variaciones en los proyectos, facilitando una mejor planificación y control.

Tabla 9.

Probabilidades de exceder el monto de reservas típicas

Tarea rutinaria	**Bajo**	**1%**
Tarea bastante rutinaria (menor incerteza)	Medio bajo	2%
Tarea de tipo desarrollo, pero no se espera una especial dificultad técnica	Medio bajo	5%
Tarea tipo desarrollo, algunas dificultades técnicas podrían ocurrir	Medio Alto	10%
Problemas técnicos esperados	Alto	20%
No existe experiencia en esta área, estimar es un poco más de adivinar	Muy Alto	50%

Nota. Gómez & Orobio, (2015)

Distribuciones según el grado de conocimiento de las actividades

Los costos de las actividades de construcción son un componente crucial en la mayoría de los proyectos, y por esta razón, las discrepancias entre las estimaciones anticipadas y los valores observados posteriormente han sido ampliamente estudiados. Se ha concluido que en algunos tipos de proyectos existe un sesgo optimista notable en las estimaciones de costos, lo que

significa que el costo final del proyecto tiende a ser considerablemente mayor que el estimado inicialmente. Por lo tanto, la distribución asociada a esta variable debe ser asimétrica y tener una cola más larga hacia la derecha, es decir, hacia valores mayores que el valor más probable.

Las distribuciones que cumplen con estas características suelen ser:

- **Distribución Log-Normal**: Es una distribución asimétrica que se utiliza comúnmente para modelar variables que no pueden tomar valores negativos y tienen una cola larga hacia la derecha.
- **Distribución Gamma**: También es asimétrica y se utiliza para modelar variables que son positivas y tienen una dispersión mayor que la distribución normal.

Estas distribuciones son útiles para capturar la incertidumbre y la variabilidad en los costos de construcción, permitiendo a los gestores de proyectos considerar escenarios más realistas y planificar adecuadamente para contingencias.

Las distribuciones Beta y Triangular son ejemplos de distribuciones que exhiben asimetría y una cola más larga hacia la derecha, adecuadas para modelar variables con sesgo optimista en las estimaciones de costos en proyectos de construcción. Además de estas distribuciones, existen otras opciones dependiendo del grado de conocimiento disponible sobre el costo de cada actividad, clasificadas en tres categorías según Costa y Cubela (2014):

- **Grado de Conocimiento Bajo**: Se aplica cuando hay tan poca información que solo se puede establecer un rango de valores igualmente probables. En este caso, la distribución asociada suele ser uniforme.

- **Grado de Conocimiento Medio**: Se utiliza cuando se ha estimado un valor más probable para la variable, pero solo se conocen el valor máximo y el mínimo que podría tomar. Aquí es común emplear una distribución triangular definida por estos tres valores: máximo, mínimo y valor más probable.

- **Grado de Conocimiento Alto**: Se aplica cuando se dispone de suficiente información para estimar con precisión una distribución de probabilidad para la variable aleatoria, como el costo o la duración de una actividad. En este caso, se utiliza dicha distribución específica.

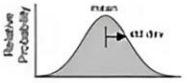
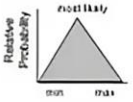
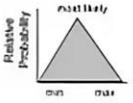
Un ejemplo de estas consideraciones se encuentra en Walls y Smith (1998), quienes identificaron que para ciertos tipos de costos y actividades específicas se pueden aplicar diferentes distribuciones según se detalla en la Tabla 4. Estas distribuciones suelen ser determinadas consultando a expertos, dado que no siempre se cuenta con registros de proyectos anteriores o bases de datos consultables.

Walls y Smith también subrayan que la elección de la distribución de probabilidad adecuada en la simulación Monte Carlo depende del grado de conocimiento disponible sobre los costos de las actividades. Además, proponen el uso de herramientas como @Risk para llevar a cabo estas simulaciones de manera efectiva.

En la figura 9 representa un ejemplo de los tipos de distribución asociados a presupuestos de obras verticales según su variable tipo de distribución que permite tener una visión clara de cómo se han asignado los costos para imprevistos y garantiza que el proyecto tenga suficiente respaldo económico para enfrentar problemas técnicos sin que estos puedan afectar el proyecto.

Figura 9.

Ejemplo de tipos de distribución

Variable	Tipo de Distribución	Ilustración
Costo inicial	Normal	
Costos de rehabilitación futuros	Normal	
Costo de iniciación de la construcción de pavimentos	Triangular	
Rehabilitación de pavimentos	Triangular	
Tasa de Retorno	Triangular	

Nota. (Taco, 2017)

En la figura 10 representa algunos riesgos identificados en obras verticales

Figura 10.

Algunos riesgos que se encuentran en una obra vertical

1	Dificultad de los pagos por parte del mandante
2	Retraso en la adquisición y entrega de materiales 3 Retraso en la adquisición y entrega de equipos
3	Retraso en la adquisición y entrega de equipos
4	Retraso en la aprobación para empezar a trabajar
5	Retraso en la aprobación de planos
6	Retrasos en la inspección técnica de obras
7	Retraso de los subcontratistas
8	Retrasos en toma de muestras y pruebas
9	Aumento de precios de los materiales
10	Inflación
11	Deficiencias en la planificación y el cronograma
12	Deficiencias en las estimaciones de costos entregados
13	Escasez de personal directivo y de supervisión
14	Escasez de personal técnico
15	Escasez de mano de obra
16	Lenta toma de decisiones

17	Variaciones del proyecto producidas por el cliente
18	Duraciones de los contratos poco realistas impuestas por el cliente
19	Errores y desacuerdos en los documentos de diseño
20	Huelgas, conflicto: laborales, paralizaciones de obra
21	Posibilidad de insolvencia económica del mandante
22	Posibilidad de insolvencia económica del contratista
23	Condiciones no previstas del terreno
24	Mal tiempo
25	Desastres naturales

Fuente. Garcia & Ricardo, (2020)

Tiene como objetivo recabar la opinión de profesionales sobre las variaciones de costo y tiempo asociadas a cada una de las actividades involucradas en la construcción de edificaciones altas. Estas actividades fueron seleccionadas a partir de proyectos construidos o en construcción, como el edificio, hospitales entre otros proyectos relevantes. Se eligieron aquellas actividades que son más frecuentes y representativas en este tipo de proyectos.

A continuación, se detallan estas actividades en la tabla 10 presentada:

Tabla 10.

Actividades más frecuentes

Actividad	Descripción breve
Preparación del terreno	Preparación del sitio para la construcción
Cimentación	Construcción de cimientos y fundaciones
Estructura de hormigón armado	Construcción de la estructura principal en hormigón armado
Instalaciones eléctricas	Instalación de sistemas eléctricos y cableado
Instalaciones hidráulicas	Instalación de sistemas de agua y desagüe
Albañilería y tabiquería	Trabajos de albañilería y levantamiento de tabiques
Instalaciones de climatización	Montaje de sistemas de climatización y ventilación
Revestimientos interiores	Instalación de revestimientos y acabados interiores
Instalaciones de seguridad	Montaje de sistemas de seguridad y detección de incendios

Fuente. Autora del proyecto

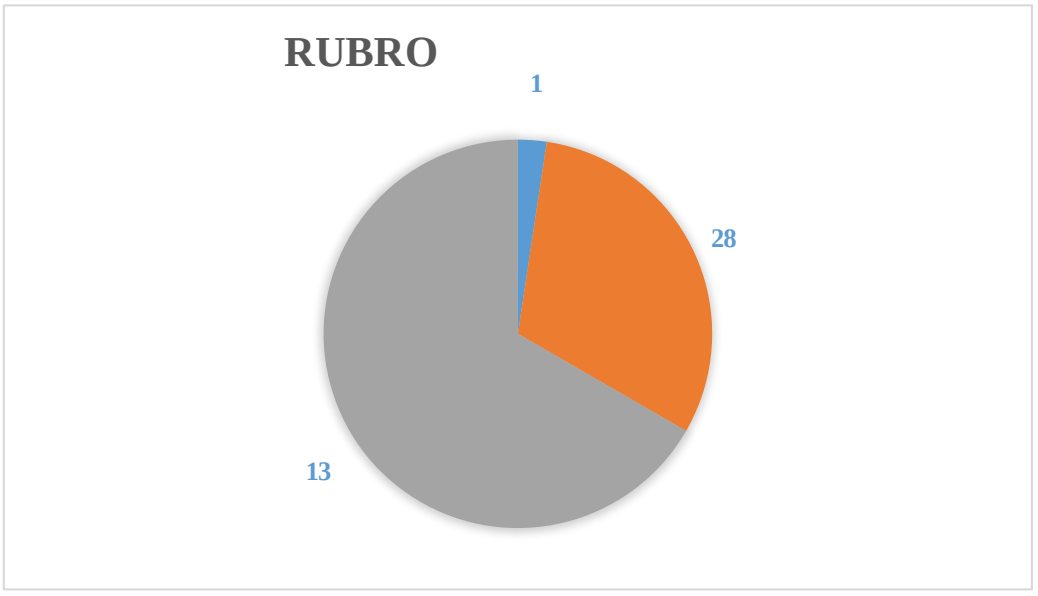
Estas actividades son cruciales en el desarrollo de proyectos de construcción de edificaciones altas y pueden variar significativamente en costo y tiempo dependiendo de varios factores, incluyendo la complejidad del diseño, las condiciones del sitio y la disponibilidad de recursos.

En diferentes proyectos que se realizaron en Colombia, Entre los hallazgos más destacados tienen en promedio 5 años de experiencia, y la mayoría se dedica o se ha dedicado al área de planificación de proyectos, ya sea en roles de jefatura, técnica o ejecución en proyectos de ingeniería.

La Figura 11 muestra el rubro en el que mayoritariamente trabajan los profesionales. Se observa que la mayoría de ellos se desempeña en el área de construcción (60.9%), seguido por consultoría (28.3%) y minería (23.9%).

Figura 11.

Muestra de análisis de comparación de proyectos realizados en el país



Fuente. Autora del proyecto

Estos resultados proporcionan un contexto importante para entender las percepciones y opiniones de los profesionales en relación con las variaciones de costo y tiempo en proyectos de construcción de edificaciones altas. La experiencia y la diversidad en los ámbitos de trabajo contribuyen significativamente a la validez y representatividad.

4.3 Aplicar la metodología desarrollado a un presupuesto de obra civil vertical, mediante una simulación de los diferentes escenarios para la estimación de los cotos de improviso

Inicialmente, como se muestra en la tabla 11 a continuación se realizó la identificación del EDR, el cual se desarrolló luego del levantamiento de información, revisión de documentos y principalmente el presupuesto del proyecto.

Tabla 11.

EDR

ITEM	EDR
1	ACTIVIDADES PRELIMINARES Retraso en la obtención de permisos, autorizaciones. Situaciones inesperadas del terreno que complican la preparación. Daños a servicios en los terrenos existentes durante las excavaciones. Interrupciones debido a conflictos laborales o sociales.
2	CIMENTACIONES Y OBRAS COMPLEMENTARIAS Desprendimiento de tierra o deslizamientos durante las excavaciones. Inestabilidad del terreno al realizar los rellenos. Daño a estructuras durante las excavaciones. Revelación de contaminantes o peligrosos durante las excavaciones. Problemas para desechar adecuadamente los materiales excavados. Fallos en el diseño estructural de las cimentaciones. Problemas de calidad en el concreto empleado. Deterioro de las cimentaciones por condiciones adversas del suelo. No cumplimiento de los estándares de construcción en las cimentaciones. Pérdida de estabilidad o asentamiento desigual de la estructura debido a problemas en las cimentaciones.
3	ESTRUCTURA DE CONCRETO Fallos en el diseño estructural de las cimentaciones.

	Problemas de calidad en el concreto empleado.
	Deterioro de las cimentaciones por condiciones adversas del suelo.
	No cumplimiento de los estándares de construcción en las cimentaciones.
	Pérdida de estabilidad o asentamiento desigual de la estructura debido a problemas en las cimentaciones.
4	ESTRUCTURA METALICA Y CUBIERTAS
	Filtraciones de agua o escape en la cubierta.
	Impermeabilización inadecuada de la cubierta.
	Colapso de la estructura de la cubierta debido a cargas excesivas.
	Daños ocasionados por vientos fuertes o condiciones climáticas adversas.
	Deficiencias en los sistemas de drenaje de la cubierta.
5	INSTALACIONES HIDRAULICAS, SANITARIAS Y DE AGUAS LLUVIAS
	Fugas o roturas en las tuberías de agua potable o alcantarillado.
	Capacidad insuficiente de los tanques de agua.
	Problemas de drenaje o flujo de agua incorrecto.
	Contaminación del suministro de agua debido a fallos en las instalaciones hidráulicas.
	Daños a las instalaciones debido a movimientos o asentamientos del terreno.
6	MAMPOSTERIA, REVOQUES Y PISOS
	Deficiencias en la capacidad estructural de los muros de mampostería.
	Desalineación o colapso de los muros durante la construcción.
	Incompatibilidad entre los materiales de mampostería empleados.
	Daños provocados por vibraciones o movimientos sísmicos en la mampostería.
	Falta de adherencia o calidad insuficiente en los morteros empleados en la mampostería.
8	BATERIAS SANITARIAS
	Fugas y obstrucción en las tuberías y sistemas de drenaje
	Problemas de funcionamiento de grifos, inodoros y otros accesorios
	Deficiencia en la calidad de los materiales utilizados en los aparatos sanitarios
9	CARPINTERIA METALICA
	Defectos en la fabricación o instalación de puertas y ventanas metálicas
	Corrosión de los elementos de carpintería
	Problemas de seguridad relacionados con las rejas y barandas
10	ACABADOS ARQUITECTONICOS
	Desprendimiento de los acabados de pañetes y pintura debido a problemas de adherencia
	Deterioro de los acabados por la exposición a la intemperie y a agentes químicos
	Errores en la aplicación de los pañetes y pintura que afectan la estética y durabilidad
13	ACEROS
	Mala ubicación o falta de refuerzo en áreas críticas.
	Corrosión del acero debido a la exposición a la humedad.

	Deficiencias en la soldadura de las barras de refuerzo.
	Empleo de acero de refuerzo de calidad inferior o que no cumple con las especificaciones.
	Deslizamiento o desprendimiento del acero de refuerzo durante la edificación o bajo condiciones de carga.

Fuente. (Montero & Luque, 2014)

Análisis Cualitativo

A continuación, se presentan los resultados analizados, los cuales son una fuente invaluable de información para la simulación. Estos resultados reflejan las opiniones de profesionales del área de la planificación de proyectos que han trabajado en diversos proyectos del rubro. Su experiencia permite identificar fallas potenciales y riesgos significativos en los proyectos.

Utilizando esta información, se puede preparar una matriz de "Probabilidad x Impacto" como se muestra en la tabla 12 donde se multiplica la probabilidad de ocurrencia de un evento de riesgo por su impacto potencial en el cronograma o en la variación de costos de una actividad específica, y luego se multiplica por 100 para obtener un valor gestionable. Esta matriz facilita la identificación y clasificación de los riesgos según su gravedad y la acción recomendada:

Tabla 12.

Matriz de Probabilidad x Impacto

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Valoración
Riesgo 1	Alta	Moderado	Amarillo
Riesgo 2	Media	Alto	Rojo
Riesgo 3	Baja	Bajo	Verde

Fuente. Autora del proyecto

Notas sobre la valoración:

- **Verde (Leve-Ignorar):** Riesgos con baja probabilidad y bajo impacto que pueden ser monitorizados sin necesidad de medidas inmediatas.
- **Amarillo (Medio-Mitigar):** Riesgos con impacto moderado que requieren medidas de mitigación para reducir su probabilidad de ocurrencia o impacto.
- **Rojo (Alto-Evitar):** Riesgos con alta probabilidad y/o alto impacto que deben ser evitados o gestionados activamente para minimizar su efecto en el proyecto.

Esta metodología se aplica tanto a riesgos con consecuencias positivas como a aquellos con consecuencias negativas, adaptando las acciones recomendadas según la naturaleza del riesgo identificado.

Figura 12.

Matriz de probabilidad de impacto

		IMPACTO			
		Menor (±) 5%	Moderado (±) 15%	Serio (±) 30%	critico (±) 50%
PROBABILIDAD	0%-10%	0,5	1,5	3	5
	10%-20%	1	3	6	10
	20%-30%	1,5	4,5	9	15
	30%-40%	2	6	12	20
	40%-50%	2,5	7,5	15	25
	50%-60%	3	9	18	30
	60%-70%	3,5	10,5	21	35
	70%-80%	4	12	24	40
	80%-90%	4,5	13,5	27	45
	90%-100%	5	15	30	50

Fuente. Jaller, (2016)

Clasificar los eventos de riesgo según su importancia.

Con base en los datos obtenidos y utilizando la matriz “Probabilidad x Impacto” descrita anteriormente, es posible clasificar los eventos de riesgo según su importancia. La siguiente tabla muestra los resultados de probabilidad promedio e impacto de los diferentes factores de riesgo identificados. Estos valores son fundamentales para el análisis de riesgos tanto cualitativo como cuantitativo.

En la tabla 13 se indica la severidad de los riesgos identificados, para así realizar el cálculo del porcentaje de imprevistos del proyecto.

Tabla 13.

Severidad de los riesgos identificados

RIESGO	PROBABILIDAD	IMPACTO	SEVERIDAD
ACTIVIDADES PRELIMINARES			
Retraso en la obtención de permisos y autorizaciones.	2	2	4
Condiciones inesperadas del terreno que dificultan las actividades de preparación.	3	3	9
Daños a servicios subterráneos existentes durante las excavaciones.	2	3	6
Interrupción de actividades debido a conflictos laborales o sociales.	1	3	3
CIMENTACIONES Y OBRAS COMPLEMENTARIAS			
Desprendimiento de tierra o deslizamientos durante las excavaciones.	4	5	20
Inestabilidad del terreno al realizar los rellenos.	3	4	12
Daños a estructuras adyacentes durante las excavaciones.	3	5	15
Exposición de materiales contaminantes o peligrosos durante las excavaciones.	1	5	5
Dificultades para la disposición adecuada de los materiales de excavación.	2	3	6
Fallas en el diseño estructural de las cimentaciones.	2	5	10
Problemas de calidad en el concreto utilizado.	2	5	10
Deterioro de las cimentaciones debido a condiciones adversas del suelo.	4	4	16
Incumplimiento de los estándares de construcción en las cimentaciones.	3	5	15
Pérdida de estabilidad o asentamiento diferencial de la estructura debido a problemas en las cimentaciones.	3	3	9
CONCRETOS			
Errores en el diseño o ejecución de las estructuras de concreto.	3	5	15
Defectos de calidad en el concreto, como fisuras o porosidad.	2	4	8
Insuficiente capacidad de carga de las estructuras.	1	4	4
Corrosión del acero de refuerzo en las estructuras de concreto.	2	3	6
Daños causados por sobrecargas o cargas no previstas en las estructuras de concreto.	4	5	20
ACEROS			
Mal posicionamiento o falta de refuerzo en áreas críticas.	4	5	20
Corrosión del acero debido a la exposición a la humedad.	2	4	8
Deficiencias en la soldadura de las barras de refuerzo.	2	4	8

RIESGO	PROBABILIDAD	IMPACTO	SEVERIDAD
Uso de acero de refuerzo de baja calidad o no conforme a las especificaciones.	2	4	8
Deslizamiento o desprendimiento del acero de refuerzo durante la construcción o en condiciones de carga.	3	3	9
MAMPOSTERIA, REVOQUES Y PISOS			
Fallas en la resistencia estructural de los muros de mampostería.	2	4	8
Desalineación o desplome de los muros durante la construcción.	3	4	12
Incompatibilidad entre los materiales de mampostería utilizados.	4	4	16
Daños causados por vibraciones o movimientos sísmicos en la mampostería.	2	5	10
Falta de adherencia o falta de calidad en los morteros utilizados para la mampostería.	3	3	9
ESTRUCTURA METALICA Y CUBIERTAS			
Filtraciones de agua o fugas en la cubierta.	3	4	12
Inadecuada impermeabilización de la cubierta.	2	3	6
Colapso de la estructura de cubierta debido a cargas excesivas.	2	5	10
Daños causados por vientos fuertes o condiciones climáticas adversas.	1	3	3
Deficiencias en los sistemas de drenaje de la cubierta.	3	3	9
INSTALACIONES HIDRAULICAS, SANITARIAS Y DE AGUAS LLUVIAS			
Fugas o rupturas en las tuberías de agua potable o alcantarillado.	3	3	9
Deficiencias en la capacidad de los tanques de agua.	2	2	4
Problemas de drenaje o flujo de agua incorrecto.	3	3	9
Contaminación del suministro de agua debido a errores en las instalaciones hidráulicas.	3	2	6
Daños a las instalaciones debido a movimientos o asentamientos del terreno.	4	3	12

Fuente. Hernandez, (2009)

En la figura 13 representa la Matriz de Probabilidad de Impacto que proporciona una forma más clara y estructurada para evaluar riesgos identificados, ayudando a priorizar y enfocar recursos en los riesgos que podrían tener el mayor efecto en el proyecto.

Figura 13.

Matriz de probabilidad de impacto

N	Riesgo	Probabilidad	Impacto	P*I
17	Variaciones del proyecto producidas por el cliente	71	28	20
12	Deficiencias en las estimaciones de costos entregados	62	27	17
19	Errores y desacuerdos en los documentos de diseño	61	28	17
18	Duraciones de los contratos poco realistas impuestas	61	28	17
11	Deficiencias en las estimaciones de costos entregados	64	27	17
7	Retraso de los subcontratistas	59	24	15
2	Retraso en la adquisición y entrega de materiales	56	21	12
5	Retraso en la aprobación de planos	50	23	12
23	Condiciones no previstas del terreno	59	20	12
16	Lenta toma de decisiones	54	22	12
3	Retraso en la adquisición y entrega de equipos	55	23	12
22	Posibilidad de insolvencia económica del contratista	37	26	10
15	Escasez de mano de obra	45	23	10
4	Retraso en la aprobación para empezar a trabajar Aumento de precios de los materiales	48	18	9
9	Aumento de precios de los materiales	51	17	9
20	Huelgas, conflictos laborales, paralizaciones de obra	38	20	8
13	Escasez de personal directivo y de supervisión	46	17	8
1	Dificultad de los pagos por parte del mandante Posibilidad de insolvencia económica del mandante	46	18	8
21	Posibilidad de insolvencia económica del contratista	30	24	7
6	Retrasos en la inspección técnica de obras	46	15	7
25	Desastres naturales	32	18	6
24	Mal tiempo	45	14	6
10	Inflacion	41	11	5
8	Retrasos en toma de muestras y pruebas	41	12	5

Fuente. Jaller, (2016)

Análisis Cuantitativo

Este análisis se enfocó específicamente en las variaciones que pueden experimentar las partidas típicas en la construcción de edificios altos, como se mostró en la figura 15. Esta sección solicitó a los encuestados, quienes debían tener experiencia relevante, que estimaran los rangos

usuales de variación en la duración de actividades comunes según su experiencia en proyectos similares.

Ejemplo: Hormigonado

- Valor mínimo: 90%
- Valor máximo: 115%

En este ejemplo, el valor más probable (100%) representa el plazo inicialmente planificado para la actividad de hormigonado. Se estima que el tiempo real para completar esta tarea podría variar entre el 90% (mejor escenario) y el 115% (peor escenario) del plazo más probable.

En la tabla 14 a continuación se muestran la media, mediana y moda de las respuestas para los rangos estimados. Estas medidas estadísticas son fundamentales para entender la variabilidad percibida por los profesionales:

Tabla 14.

Rangos de Variación en la Duración de Actividades

Actividad	Valor Mínimo (%)	Valor Máximo (%)
Hormigonado	90	115
Instalaciones	85	110
Estructuras	95	120

Fuente. Autora del proyecto

Notas sobre las medidas estadísticas:

- **Media:** Es la medida de tendencia central que se obtiene sumando todos los valores y dividiéndolos por el número total de respuestas.
- **Mediana:** Es el valor central cuando los datos están ordenados de menor a mayor.
- **Moda:** Es el valor que aparece con mayor frecuencia en la muestra.

La figura 14 proporciona una visión clara de las expectativas de los profesionales en cuanto a la variabilidad en la duración de las actividades de construcción, permitiendo una mejor planificación y gestión de riesgos en proyectos futuros.

Figura 14.

Actividades

	Actividades	Media %	Mediana %	Moda %
	Exavaciones	89	90	90
	Limpieza del terreno	88	90	80
	Instalación de Faena	92	95	95
	Fundaciones	92	92,5	95
	Instalación de grúa torre	89	90	90
	Colocación de moldajea	89	90	90
	Enfierradura	91	90	95
	Hormigo	92	92,5	95
limite inferior	Construcción de muros perimetrales	92	90	90
	Construcción de pilares Construcción de muros	90	90	90
	Construcción de vigas	91	90	90
	Construcción de losas	92	90	90
	Cubierta	93	95	95
	Terminaciones	91	9	95
	Instalaciones	94	95	95
	Estructura accencor	93	92,5	90
	Foeste Propsa	92	90	90
	limite superior (escenario pesimista) la duracion de actividad			
	Excavaciones	127	127,5	110
	Limpieza del terreno	110	110	105
	Instalación de Faena	112	107,5	105
	Fundaciones	117	115	115
	Instalación de grúa torre	114	110	105
	Colocación de moldajes	114	115	110
limite superior	Enferradura	117	115	115
	Hormigonado	118	115	115
	Construcción de muros perimetrales	118	110	110
	Construcción de pilares Construcción de muras	118	120	120
	Construcción de vigas	117	120	120
	Construcción de losas	123	120	120
	Cubierta Terminacione	140	125	120
	Instalaciones	134	135	130
	Estructura accensor	127	135	130

Fuente. Jaller, (2016)

En la tabla 15, se realiza un análisis de los riesgos identificados por la gerencia, y se definen los niveles de importancia, probabilidad e impacto.

Tabla 15.

Identificación de riesgos

RIESGO	IMPORTANCIA	PROBABILIDAD	IMPACTO
1. Riesgos financieros			
1.1 Falta de financiamiento adecuado para el proyecto	ALTA	MEDIA	ALTO
1.1.1 Incapacidad para obtener préstamos bancarios	MEDIA	MEDIA	MEDIO
1.1.2 Falta de inversores interesados	MEDIA	BAJA	MEDIO
1.2 Aumento de los costos de construcción	ALTA	ALTA	ALTO
1.2.1 Incremento en los precios de los materiales de construcción	MEDIA	ALTA	MEDIO
1.2.2 Aumento en los costos laborales	MEDIA	MEDIA	MEDIO
1.3 Fluctuaciones en los precios de los materiales de construcción	MEDIA	ALTA	MEDIO
1.3.1 Cambios en los precios del acero, cemento u otros materiales clave	BAJA	ALTA	BAJO
2. Riesgos técnicos y constructivos			
2.1 Deficiencias en el diseño estructural o arquitectónico	ALTA	BAJA	ALTO
2.1.1 Errores de cálculo en la resistencia de los materiales	MEDIA	BAJA	MEDIO
2.1.2 Diseño inadecuado de sistemas de drenaje o ventilación	MEDIA	MEDIA	MEDIO
2.2 Problemas de calidad en la construcción	ALTA	MEDIA	ALTO
2.2.1 Uso de materiales de baja calidad o no conformes a las especificaciones	MEDIA	ALTA	MEDIO
2.2.2 Falta de control de calidad durante la construcción	MEDIA	MEDIA	MEDIO
2.3 Retrasos en la entrega de materiales o equipos	MEDIA	ALTA	MEDIO
2.3.1 Demoras en la producción o suministro de materiales	MEDIA	ALTA	MEDIO
2.3.2 Retrasos en la adquisición de equipos especializados	MEDIA	MEDIA	MEDIO
2.4.2 Fallos en el sistema de plomería o falta de presión de agua adecuada	MEDIA	MEDIA	MEDIO
3. Riesgos legales y regulatorios			
3.1 Incumplimiento de normas de construcción y regulaciones gubernamentales	ALTA	ALTA	ALTO
3.1.1 No cumplir con los estándares de construcción locales o nacionales	MEDIA	ALTA	MEDIO

3.1.2 No obtener los permisos y certificaciones requeridos	MEDIA	ALTA	MEDIO
3.2 Retrasos en la obtención de permisos y licencias	MEDIA	MEDIA	MEDIO
4. Riesgos ambientales y geográficos			
4.1 Daños causados por desastres naturales	MEDIA	BAJA	MEDIO
4.1.1 Terremotos, inundaciones, tormentas, etc.	MEDIA	BAJA	MEDIO
4.1.2 Erosión del suelo o deslizamientos de tierra	BAJA	BAJA	BAJO
4.2.1 Contaminación del suelo o del agua en la ubicación del proyecto	MEDIA	ALTA	MEDIO
4.2.2 Restricciones o limitaciones legales para la construcción en áreas específicas	MEDIA	MEDIA	MEDIO
4.3 Impactos ambientales negativos	ALTA	MEDIA	ALTO
4.3.1 Generación de residuos y manejo inadecuado de los mismos	MEDIA	ALTA	MEDIO
4.3.2 Deterioro de los recursos naturales y la biodiversidad local	MEDIA	MEDIA	MEDIO
5. Riesgos de gestión			
5.4 Escasez de mano de obra cualificada	MEDIA	MEDIA	MEDIO
5.4.1 Dificultades para contratar y retener trabajadores capacitados	MEDIA	MEDIA	MEDIO
5.4.2 Competencia por recursos humanos especializados	MEDIA	BAJA	MEDIO
5.5 Problemas de comunicación interna o externa	MEDIA	BAJA	MEDIO
5.5.1 Falta de fluidez en la comunicación entre los equipos y	MEDIA	BAJA	MEDIO

Fuente. Autora del proyecto

El proyecto desarrollado como se indica en la tabla 16 a continuación tuvo un presupuesto asignado por un costo directo total de $ 1,638,919,138 El valor de los imprevistos según lineamientos de la empresa se calcula del 10% considerando un valor máximo para los mismos. Por lo cual el costo total de imprevistos con un 0.1 como factor es de: $ 163, 891,914

Tabla 16.

Presupuesto del proyecto

ITEM	ACTIVIDAD	PRESUPUESTO REAL	IMPREVISTO 10%
1	ACTIVIDADES PRELIMINARES	$ 59,916,522	$ 59,916,652
2	CIMENTACIONES Y OBRAS COMPLEMENTARIAS	$ 261,200,707	$ 26,120,071
3	ESTRUCTURA DE CONCRETO	$ 109,547,043	$ 10,954,704
4	ESTRUCTURA METALICA Y CUBIERTAS	$ 218,073,428	$ 21,807,343
5	INSTALACIONES HIDRAULICAS, SANITARIAS Y DE AGUAS LLUVIAS	$ 76,494,611	$ 7,649,461
6	MAMPOSTERIA, REVOQUES Y PISOS	$ 366,971,775	$ 36,697,178
7	BATERIAS SANITARIAS	$ 9,214,206	$ 921,421
8	CARPINTERIA METALICA	$ 85,682,563	$ 8,568,256
9	ACABADOS ARQUITECTONICOS	$ 201,659,838	$ 20,165,984
10	ACEROS	$ 250,158,445	$ 25,015,845
VALOR TOTAL DEL PRESUPUESTO		$ 1,638,919,138	$ 163,891,914

Fuente. Autora del proyecto

Procedimientos y simulación monte Carlo

Metodologías de Gestión de Riesgos para la Estimación de Costos de Imprevistos en Presupuestos de Obras Verticales

Existen diversas metodologías para la gestión de riesgos en proyectos de construcción que ayudan a estimar y controlar los costos de imprevistos. Aquí se presentan algunas de las más relevantes:

Análisis de Monte Carlo:

Utiliza simulaciones para prever el impacto de riesgos e incertidumbres en los costos y plazos del proyecto.

Análisis de Escenarios:

Consiste en crear y evaluar múltiples escenarios posibles (mejor caso, peor caso y caso más probable) para entender el impacto de los riesgos.

Árbol de Decisiones:

Herramienta gráfica para tomar decisiones que considera múltiples opciones y sus posibles resultados, incluyendo los costos asociados a cada camino.

Análisis de Sensibilidad:

Evalúa cómo los cambios en variables clave del proyecto afectan el costo y el plazo, ayudando a identificar los factores más críticos.

Análisis PERT (Program Evaluation and Review Technique):

Utiliza tres estimaciones (optimista, más probable y pesimista) para calcular el tiempo y costo esperado del proyecto.

Estructura Metodológica para la Estimación de Costos de Imprevistos

Para desarrollar una metodología robusta para la estimación de costos de imprevistos en presupuestos de obras verticales, es importante integrar varias herramientas técnicas y enfoques. La siguiente estructura metodológica puede ser adoptada:

Identificación de Riesgos:

Brainstorming y Sesiones de Lluvia de Ideas: Involucrar a todos los interesados y expertos en el proyecto para identificar posibles riesgos.

Revisión de Documentación: Análisis de proyectos anteriores y estudios de caso para identificar riesgos comunes en obras verticales.

Evaluación y Análisis de Riesgos:

Matrices de Riesgo: Utilizar matrices de probabilidad e impacto para evaluar y priorizar los riesgos.

Análisis de Monte Carlo: Realizar simulaciones para cuantificar el impacto potencial de los riesgos en el presupuesto.

Desarrollo de Planes de Mitigación:

Planes de Respuesta a Riesgos: Definir estrategias para mitigar, transferir, aceptar o evitar riesgos.

Reservas para Contingencias: Establecer una reserva financiera basada en el análisis de riesgos para cubrir costos imprevistos.

Monitoreo y Control de Riesgos:

Actualización Continua: Revisar y actualizar regularmente el registro de riesgos y los planes de respuesta.

Informes de Progreso: Utilizar informes periódicos para monitorear el estado de los riesgos y el uso de las reservas para contingencias.

Herramientas y Técnicas:

Software de Gestión de Proyectos: Utilizar herramientas como Microsoft Project, Primavera P6, o herramientas específicas de análisis de riesgos como @RISK.

Modelos de Simulación: Implementar modelos de simulación de Monte Carlo para evaluar el impacto de los riesgos en el presupuesto.

Aplicación de la Metodología a un Presupuesto de Obra Civil Vertical

Para aplicar la metodología desarrollada, se puede seguir el siguiente proceso mediante una simulación de diferentes escenarios:

Definición del Proyecto:

Establecer el alcance, cronograma y presupuesto base del proyecto de construcción vertical.

Identificación de Riesgos:

Recopilar información sobre posibles riesgos a través de talleres y revisiones de documentación.

Evaluación de Riesgos:

Calificar los riesgos identificados utilizando una matriz de probabilidad e impacto.

Realizar análisis de Monte Carlo para estimar el impacto financiero de los riesgos.

Desarrollo del Presupuesto con Contingencias:

Incluir una reserva para contingencias en el presupuesto del proyecto basada en los resultados del análisis de Monte Carlo.

Simulación de Escenarios:

Crear múltiples escenarios (optimista, pesimista y más probable) y realizar simulaciones para evaluar el impacto de los riesgos en el presupuesto.

Análisis de Resultados:

Analizar los resultados de las simulaciones para identificar las áreas con mayor riesgo y ajustar las reservas para contingencias según sea necesario.

Monitoreo Continuo:

Implementar un sistema de monitoreo y control de riesgos para revisar y ajustar el presupuesto a lo largo del proyecto.

Este enfoque estructurado permite una mejor gestión de los riesgos y una estimación más precisa de los costos de imprevistos en proyectos de construcción vertical, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones informadas y la gestión eficaz del presupuesto.

A partir del presupuesto del proyecto se puedo establecer para el caso de los imprevistos los valores, mínimos, máximos y más probables para el desarrollo de las diferentes actividades. A mismo, se elaboró la distribución de probabilidad de estos valores como se indica en la tabla 17

Tabla 17.

Presupuesto del proyecto Estudios Y Diseños Para La Construcción De Aulas, Comedor, Batería Sanitaria, Muro De Contención Y Sistema Solar Fotovoltaico De La Sede Educativa Del Corregimiento La Vega De San Antonio Del Municipio De La Playa De Belén Norte De Santander

ITEM	ACTIVIDAD	PRESUPUESTO MINIMO	PRESUPUESTO REAL	PRESUPUESTO MAXIMO	DISTRIBUCION
1.1	LOCALIZACION Y REPLANTEO ESTRUCTURAS	$ 2,670,861	$ 2,967,623	$ 3,264,385	$ 2,967,623
1.2	DESCAPOTE EN MATERIAL COMÚN H=0.20 M	$3,298,870	$ 3,665,411	$ 4,031,952	$ 3,665,411
1.3	EXCAVACION MANUAL PARA NIVELACION SIN RETIRO DE SOBRANTES	$ 11,499,879	$ 12,777,643	$ 14,055,407	$ 12,777,643
1.4	CARGUE Y RETIRO DE SOBRANTE PROVENIENTE DEL DESCAPOTE Y EXCAVACION MANUAL	$ 28,081,469	$ 31,201,632	$34,321,795	$ 31,201,632
1.5	RELLENO Y COMPACTACION DE MATERIAL DE PRESTAMO	$ 8,373,792	$ 9,304,213	$ 10,234,634	$9,304,213
2.1	CARGUE Y RETIRO DE SOBRANTE PROVENIENTE DE LAS EXCAVACIONES MANUALES Y ESCOMBROS	$19,702,286	$21,891,429	$24,080,572	$ 21,891,429
2.2	CIMIENTO EN CONCRETO CICLOPERO DE 2500 PSI	$12,393,731	$ 13,770,812	$15,147,893	$ 13,770,812
2.3	CONCRETO DE SANEAMIENTO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE VIGAS DE CIMENTACION f'C=17,5 Mpa e=0,10m	$ 23,122,922	$ 25,692,135	$ 28,261,349	$ 25,692,135
2.4	CONCRETO DE 3000 PSI PARA ZAPATAS	$ 23,643,870	$ 26,270,967	$ 28,898,064	$ 26,270,967
2.5	CONCRETO DE 3000 PSI PARA PEDESTALES	$ 4,049,373	$ 4,499,303	$ 4,949,233	$ 4,499,303
2.6	CONCRETO DE VIGAS DE CIMENTACION CON RESISTENCIA DE 3000 PSI	$ 39,623,675	$ 44,026,306	$ 48,428,937	$ 44,026,306
2.7	RELLENO Y COMPACTACION DE MATERIAL DE PRESTAMO PARA ZAPATAS	$ 6,064,686	$ 6,738,540	$ 7,412,394	$ 6,738,540
2.8	CONCRETO DE 3000 PSI PARA ZARPA, TACÓN Y CUERPO DEL MURO	$ 87,799,180	$ 97,554,644	$ 107,310,108	$ 97,554,644
2.9	SUMINISRO E INSTALACIÓN DE CINTA PVC PARA CONTRUCCIÓN DEL MURO	$ 5,253,012	$5,836,680	$ 6,420,348	$ 5,836,680
2.10	FILTRO BASE MURO CON TUBERIA PVC 4" PERFORADA EN FORMA DIAMANTE CON ORIFICIOS DE 3/8", RELLENO CON GRAVA DE RIO TMN 2" Y RECUBIERTO CON GEOTEXTIL N-299 DE 0.30X0.40 M.	$ 3,964,222	$ 4,404,691	$ 4,845,160	$ 4,404,691

2.11	SUMINISTRO E INSTALACIÓN CAPA DE ARENA GRUESA DE RIO DE ANCHO O,30M SOBRE LA CARA INTERNA DEL MURO.	$ 2,290,617	$ 2,545,130	$ 2,799,643	$ 2,545,130
2.12	LLORADEROS EN PVC DE 2" CADA 1M EN SENTIDO VERTICAL Y HORIZONTAL DE 0.50 M DE LONGITUD.	$1,602,491	$ 1,780,546	$ 1,958,601	$ 1,780,546
2.13	LOSA DE CONCRETO DE 3000 PSI PARA ACCESO AL DISCAPACITADO INCLUYE MALLA ELECTROSOLDADA, CON TEXTURA ANTIDESLZANTE	$ 5,570,572	$ 6,189,524	$6,808,476	$ 6,189,524
3.1	CONCRETO DE 3000 PSI PARA COLUMNAS	$25,457,600	$28,286,222	$ 31,114,844	$ 28,286,222
3.2	CONCRETO PARA COLUMNETAS HASTA 0,2*0,20	$ 12,723,806	$14,137,562	$15,551,318	$14,137,562
3.3	CONCRETO PARA VIGAS AEREAS CON RESISTENCIA DE 3000 PSI	$34,880,025	$ 38,755,583	$42,631,141	$ 38,755,583
3.4	MESONES DE ESPESOR 0.10M PARA LAVAMANOS Y LAVAPLATOS (INCLUYE ACERO Y APOYOS EN MAMPOSTENIA DE LADRILLO)	$ 3,555,126	$ 3,950,140	$ 4,345,154	$3,950,140
3.5	PLACA ALIGERADA CON LAMINA COLABORANTE.	$ 5,311,795	$ 5,901,994	$ 6,492,193	$ 5,901,994
3.6	CONCRETO PARA VIGA CINTA DE 3000 PSI	$12,998,467	$ 14,442,741	$15,887,015	$ 14,442,741
3.7	CONCRETO DE 3000 PSI PARA ESCALERA	$ 3,665,521	$ 4,072,801	$ 4,480,081	$ 4,072,801
4.1	CORREA METALICA EN TUBERIA ESTRUCTURAL RECTANGULAR HR50 80X40X2 MM, INCLUYE ANTICORROSIVO Y ESMALTE. COLMENA O SIMILAR.	$ 102,756,001	$ 114,173,334	$125,590,667	$114,173,334
4.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN ESTRUCTURA METALICA EN TUBERIA ESTRUCTURAL DE 3" (PULGADAS) DE ESPESOR 3MM DE COLMENA O SIMILAR INCLUYE ANTICORROSIVO Y ESMALTE.	$32,597,892	$ 36,219,880	$ 39,841,868	$ 36,219,880
4.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CUBIERTA. INCLUYE TEJA MASTER 1000, AMARRES Y TODO LO NECESARIO PARA SU CONSTRUCCIÓN; SEGÚN DISEÑO. AREA REAL MEDIDA SEGÚN LONGITUD DE CUERDA SUPERIOR.	$ 55,527,658	$ 61,697,398	$67,867,138	$61,697,398
4.4	SISTEMA DE APOYO Y ANCLAJE DE CERCHAS CON FLANCHES METALICOS EN LAMINA DE 1/2" (350MMX350MM) (INCLUYE TORNILLERIA, ANGULOS Y ANTICORROSIVO)	$ 1,051,834	$1,168,704	$1,285,574	$ 1,168,704
4.5	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE LAMINA TRANSLUCIDA ALVEOLAR PARA ACCESSO AL	$4,332,701	$4,814,112	$5,295,523	$ 4,814,112

	DISCAPACITADO - POLICARBONATO				
5.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CAPACIDAD 1000 LTS	$836,974	$ 929,971	$1,022,968	$929,971
5.2	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC-SANITARIA, DIAMETRO 6", INCLUYE ACCESORIOS	$ 1,095,637	$1,217,374	$1,339,111	$1,217,374
5.3	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC-SANITARIA, DIAMETRO 4", INCLUYE ACCESORIOS	$9,073,884	$10,082,093	$11,090,302	$ 10,082,093
5.4	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC-P RDE11, 400PSI, DIAMETRO 3", INCLUYE ACCESORIOS.	$ 3,678,999	$4,087,777	$4,496,555	$4,087,777
5.5	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE TUBERIA DIÁMETRO DE 1/2"CON TUBERÍA RDE, 500 PSI, INCLUYE TODOS LOS ACCESORIOS.	$2,810,098	$3,122,331	$3,434,564	$ 3,122,331
5.6	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE SALIDAS DE ABASTO EN DIÁMETRO DE 1/2"CON TUBERÍA RDE, 500 PSI, INCLUYE TODOS LOS ACCESORIOS	$1,327,811	$ 1,475,346	$1,622,881	$1,475,346
5.7	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE VÁLVULA COMPUERTA MARCA RW 1/2" O EQUIVALENTE.	$252,000	$280,000	$ 308,000	$ 280,000
5.8	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE REJILLA METÁLICA DE PISO COMBINADA ALUMINIO/BRONCE PARA DESAGÜE DE 3".	$680,148	$ 755,720	$ 831,292	$755,720
5.9	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE REJILLA METÁLICA DE PISO COMBINADA ALUMINIO/BRONCE PARA DESAGÜE DE 4".	$512,082	$568,980	$ 625,878	$568,980
5.10	EXCAVACIÓN PARA INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS MENORES O IGUALES A H: 1 .3 MTS.	$9,372,443	$10,413,825	$11,455,208	$10,413,825
5.11	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CANAL METALICA EN LAMINA GALVANIZADA DIMENSIONES (0.20X0.25 M), INCLUYE PINTURA ANTICORROSIVA.	$ 16,436,598	$ 18,262,887	$20,089,176	$ 18,262,887
5.12	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BAJANTES EN PVC INCLUYE TODOS LOS ACCESORIOS	$ 2,246,554	$2,496,171	$2,745,788	$2,496,171
5.13	SUMINISTRO E INSTALACION DE LAVAPLATO	$ 460,931	$512,146	$ 563,361	$512,146

5.14	CANAL EN CONCRETO DE 3000 PSI INCLUYE ACERO PARA RECOLECIÓN DE AGUAS LLUVIA POR ESCORRENTIA	$7,706,220	$8,562,467	$ 9,418,714	$8,562,467
5.15	SUMINNISTRO E INSTALACIÓN FILTRO EN TRITURADO PARA MANEJO DE AGUAS LLUVIAS INCLUYE GEOTEXTIL	$318,485	$ 353,872	$389,259	$353,872
5.16	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC, DIAMETRO 8".	$ 7,269,683	$8,077,426	$8,885,169	$8,077,426
5.17	CAJAS DE INSPECCIÓN PARA MANEJO DE AGUAS SANITARIAS Y PLUVIALES DIMENCIONES 0.7X0.70 Y H<1m.	$ 4,766,603	$ 5,296,225	$ 5,825,848	$5,296,225
6.1	MURO EN BLOQUE H10 E= 0,10 M.	$ 37,253,766	$ 41,393,073	$45,532,380	$41,393,073
6.2	MURO EN LADRILLO MULTIPERFORADO COLONIAL DE TEXTURA LISA DE DIMENSIONES (25.1X12X6.7 CM)	$ 4,744,290	$5,271,433	$5,798,576	$5,271,433
6.3	MURO DOBLE EN LADRILLO MACIZO DE ARCILLA CON DIMENSIONES (20X10X6 CM)	$9,038,615	$ 10,042,906	$ 11,047,197	$ 10,042,906
6.4	REVOQUE LISO PARA EXTERIOR E INTERIOR EN MUROS MORTERO 1:4 INCLUYE FILETES Y DILATACIONES	$32,375,769	$35,973,077	$39,570,385	$35,973,077
6.5	REVOQUE LISO PARA EXTERIOR E INTERIOR EN VIGAS Y COLUMNAS EN MORTERO 1:4 INCLUYE FILETES Y DILATACIONES	$30,618,167	$34,020,186	$37,422,205	$ 34,020,186
6.6	PISOS Y ZONA DE CIRCULACIÓN	$90,121,995	$100,135,550	$110,149,105	$100,135,550
6.7	PLACA DE CONTRAPISO E=10CM	$95,600,520	$ 106,222,800	$116,845,080	$106,222,800
6.8	PLANTILLA PARA NIVELACIÓN DE PISO	$ 30,521,475	$33,912,750	$37,304,025	$33,912,750
7.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SANITARIO AVANTI O SIMILAR	$1,807,974	$2,008,860	$2,209,746	$2,008,860
7.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SANITARIO PARA DISCAPACITADOS.	$1,882,521	$2,091,690	$2,300,859	$2,091,690
7.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE LAVAMANOS DE SOBREPONER EN PORCELANA BLANCA CON GRIFERIA.	$3,444,250	$3,826,944	$4,209,638	$3,826,944
7.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ORINAL DE PARED EN PORCELANA BLANCA CON GRIFERIA.	$1,158,041	$1,286,712	$1,415,383	$1,286,712
8.1	VENTANA METÁLICA CORREDIZA EN LAMINA CALIBRE 18-INCLUYE PROTECTOR METALICO Y VIDRIO.	$43,417,616	$48,241,795	$53,065,975	$48,241,795
8.2	PUERTA CON LAMINA METALICA, INCLUYE MARCO, CERRADURA Y PINTURA EN ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE	$33,696,691	$37,440,768	$41,184,844	$37,440,768

9.1	ESTUCO PLASTICO PARA MUROS	$29,565,471	$32,850,523	$36,135,575	$32,850,523
9.2	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE PINTURA PARA MUROS A 3 MANOS	$18,350,982	$ 20,389,980	$22,428,978	$20,389,980
9.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE DRYWALL DECORATIVO CIELO RASO	$ 631,147	$ 701,274	$771,402	$701,274
9.4	TABLETA EN GRES TIPO INSTITUCIONAL-INCLUYE GUARDA ESCOBA	$54,211,536	$ 60,235,040	$66,258,544	$60,235,040
9.5	PISO EN CERÁMICA- INCLUYE GUARDA ESCOBA	$ 8,125,705	$9,028,562	$ 9,931,418	$9,028,562
9.6	ENCHAPE CERÁMICO	$ 8,765,064	$ 9,738,960	$ 10,712,856	$9,738,960
9.7	BARANDAS METALICAS PARA SEGURIDAD H: 1M	$ 22,658,146	$ 25,175,717	$27,693,289	$ 25,175,717
9.8	FACHALETA ARQUITECTONICO	$4,999,170	$ 5,554,633	$6,110,096	$5,554,633
9.9	ESTUCO PLASTICO PARA VIGAS Y COLUMNAS	$16,035,461	$ 17,817,178	$19,598,896	$17,817,178
9.10	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE PINTURA PARA VIGAS Y COLUMNAS A 3 MANOS	$7,939,158	$ 8,821,286	$9,703,415	$8,821,286
9.11	REPOSICIÍON DE LOSETA EXISTENTE PARA INSTALACIÓNES HIDROSANITARIAS	$1,184,544	$1,316,160	$1,447,776	$1,316,160
9.12	MESON EN CONCRETO INCLUYE ACABADOS-LABORATORIOS	$ 7,427,869	$8,253,188	$ 9,078,507	$8,253,188
9.13	SUMINISTRO E INSTALACION DE GRAMA NATURAL	$1,599,604	$1,777,337	$1,955,071	$1,777,337
10.1	SUMINISTRO, TRANSPORTE, FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	$ 225,142,601	$ 250,158,445	$275,174,290	$ 250,158,445
VALOR TOTAL DEL PRESUPUESTO		$ 1,249,884,624	$1,638,919,138	$ 1,802,811,052	$ 1,638,919,138

Fuente. Autora del proyecto

En Excel, se da inicio a la organización de las variables que influyen en el presupuesto de las obras verticales, identificando y enumerando todos los costos relevantes de estos costos en el proyecto, como los costos de materiales, mano de obra, entre otros, Asegúrate de tener cada variable claramente definida y ubicada en celdas separadas para facilitar el análisis y la integración de las simulaciones posteriores.

Paso a paso de la aplicación de la metodología Montecarlo

1. Se hace una planificación de los riegos técnicos en cuanto a costos de imprevistos en obras verticales

2. Se hace una identificación de riesgos en la zona donde se ejecutará el proyecto

3. Se hace un análisis de los riegos técnicos de los posibles riesgos que se pueden generar en la obra

4. Se clasifica los riesgos dependiendo el grado de peligrosidad que estos puedan afectar el proyecto, con porcentajes y colore para distinguirlos.

5. se realiza o se estructura una Matriz de probabilidad de impacto de los riesgos en el presupuesto

6. se diseña un Análisis cuantitativo de los riesgos encontrados y evaluados en la obra

7. y por último realiza una estimación de la incertidumbre del proyecto

8. Se continua con Generación de Valores Aleatorios dando paso a Generar Valores Aleatorios: Utiliza la función =NORM.INV (RAND (), media, desviación estándar) en Excel para generar valores aleatorios. Esto te permitirá alinear la incertidumbre en cada variable de costo según su media y desviación estándar estimadas y evaluados.

9. Se Realizan las Simulaciones

10. Configurar Iteraciones: Establece una tabla en Excel para simular múltiples escenarios. Por cada iteración, calculando los valores simulados para cada variable y suma los costos totales para obtener el presupuesto simulado. Con un total de 10.000 iteraciones para generar un mayor número de posibles resultados del presupuesto, permitiendo una evaluación detallada del cambio.

11. Análisis de Resultados obtenidos

12. Calcular Estadísticas Descriptivas a través de la función análisis de datos para obtener PROMEDIO, MEDIANA, DESVEST y PERCENTIL.EXC del presupuesto y así calcular estadísticas del presupuesto simulado.

13. Se procede a Crear Gráficos: Genera un histograma utilizando los datos de los costos simulados para visualizar la distribución de los resultados. Un histograma para identificar la forma de la distribución y a comprender y evaluar mejor los intervalos de costos más probables.

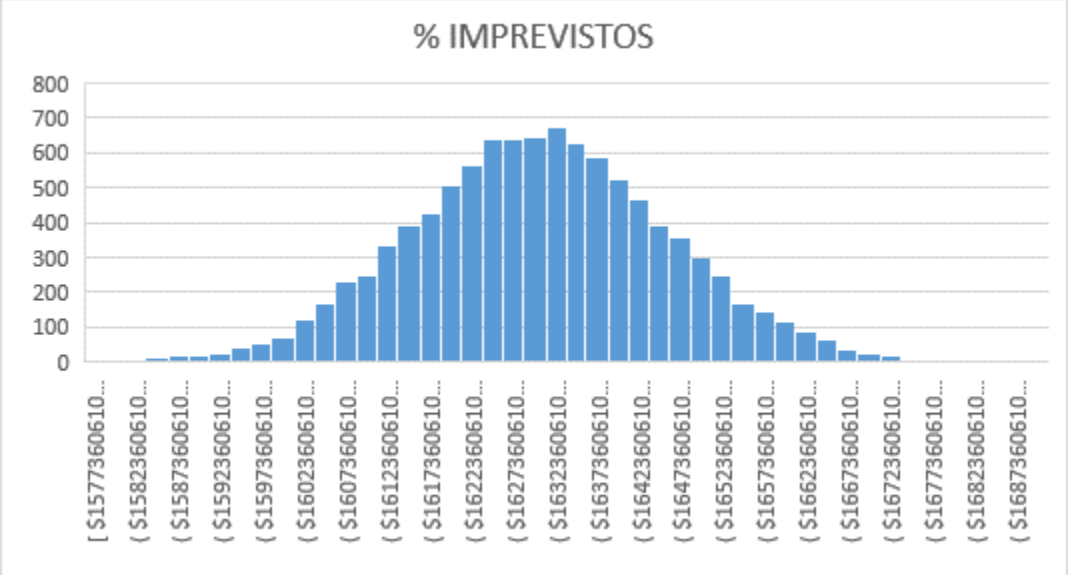
14. Se Analizan los Resultado obtenidos Examinando la distribución de los resultados del presupuesto y evaluando cómo varían los costos totales tras diferentes escenarios, para Desarrollar Estrategias a Utilizar los resultados de la simulación para tomar decisiones concordes a lo expuesto, basado en el percentil 90 de la simulación para mitigar el impacto de los costos imprevistos.

A partir de la tabla anterior se aplicó el método Monte Carlo para calcular la distribución de probabilidad respecto al presupuesto para imprevistos del proyecto, esto se desarrolló en Excel para un total de 10.000 simulaciones. Y como se indica en la figura 15 a continuación se obtuvo la distribución de probabilidad para el presupuesto de imprevistos, con una desviación estándar de $17,383,276 $, y una media de $1,694,690,368.

Figura 15.

Distribución de probabilidad de los imprevistos

.

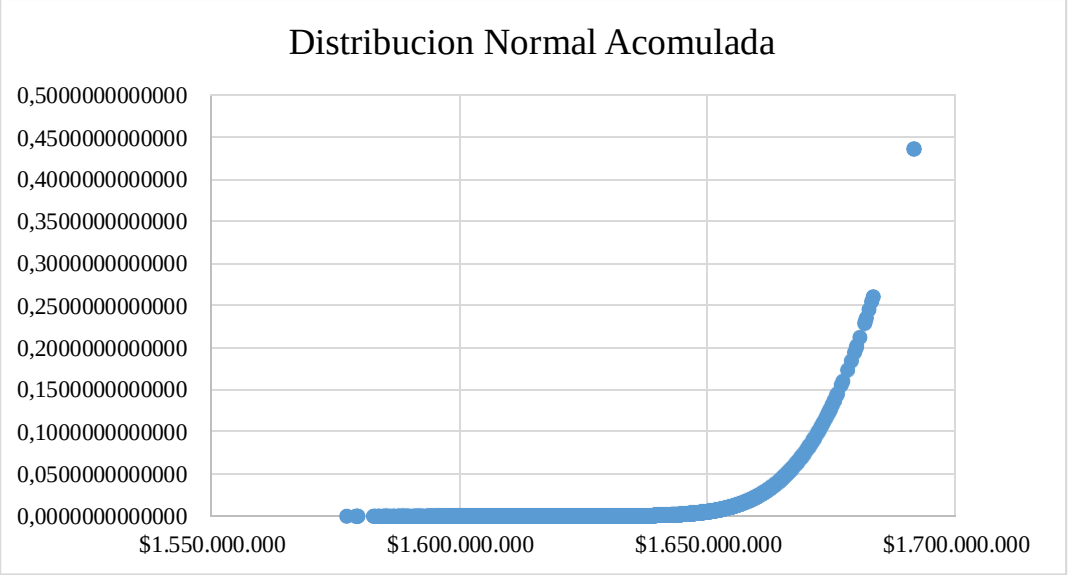


Fuente. Autora del proyecto

como se aprecia en la figura 16, se evidencia que las actividades que mas aunemnetan al porcentaje de imprevistos del proyecto se centran en las actividades de estructuras de concreto, mamposteria , revoques y pisos y acero, por lo tanto sobre estas actividades se debera llevar un mayor control en el desarrollo de los procesos constructivos.

Figura 16

Contribución a la varianza



Fuente. Autora del proyecto

Finalmente, tras recalcular el valor de los imprevistos del proyecto con una confiabilidad del 95% y obteniendo un valor de $19,762,664,169, se procede a calcular el presupuesto ajustado para los imprevistos, como se muestra en la tabla 17. Este cálculo se basa en los percentiles y la estadística del proyecto, que se encuentran detallados en el apéndice 1 y el apéndice 2, considerando las variables de probabilidad, impacto y severidad para realizar un ajuste preciso.

Tabla 18.

Presupuesto ajustado para imprevistos

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Severidad	%	Costo Riesgo	Presupuesto de imprevisto	
ACTIVIDADES PRELIMINARES							$ 58,718,192
Retraso en obtención de permisos, autorizaciones.	2	2	4	0.97%	$ 1,067,603,483		
Condiciones inesperadas del terreno que dificultan las actividades	3	3	9	2.17%	$ 2,402,107,837		
Daños subterráneos existentes durante las excavaciones.	2	3	6	1.45%	$ 1,601,405,224		
Interrupción de actividades por conflictos laborales o sociales.	1	3	3	0.72%	$ 800,702,612		
			22	0	$ 5,871,819,156		
CIMENTACIONES Y OBRAS COMPLEMENTARIAS							$ 237,999,852
Desprendimiento de tierra o deslizamientos durante las excavaciones.	4	5	20	4.8%	$ 8,206,891,454		
Inestabilidad del terreno al realizar los rellenos.	3	4	12	2.9%	$ 4,924,134,872		
Daños a estructuras adyacentes durante las excavaciones.	3	5	15	3.6%	$ 6,155,168,590		
Exposición de materiales contaminantes o peligrosos durante las excavaciones.	1	5	5	1.2%	$ 2,051,722,863		
Dificultades para la disposición adecuada de los materiales de excavación.	2	3	6	1.4%	$ 2,462,067,436		
Fallas en el diseño estructural de las cimentaciones.	2	5	10	2.42%	$ 4,103,445,727		

Problemas de calidad en el concreto utilizado.	2	5	10	2.42%	$ 4,103,445,727	
Deterioro de las cimentaciones debido a condiciones adversas del suelo.	4	4	16	3.86%	$ 6,565,513,163	
Incumplimiento de los estándares de construcción en las cimentaciones.	3	5	15	3.62%	$ 6,155,168,590	
Pérdida de estabilidad o asentamiento diferencial de la estructura debido a problemas en las cimentaciones.	3	3	9	2.17%	$ 3,693,101,154	
			118	0	$ 48,420,659,577	
ESTRUCTURA DE CONCRETO						$ 113,236,102
Errores en el diseño o ejecución de las estructuras de concreto.	3	5	15	3.62%	$ 3,204,795,344	
Defectos de calidad en el concreto, como fisuras o porosidad.	2	4	8	1.93%	$ 1,709,224,183	
Insuficiente capacidad de carga de las estructuras.	1	4	4	0.97%	$ 854,612,092	
Corrosión del acero de refuerzo en las estructuras de concreto.	2	3	6	1.45%	$ 1,281,918,137	
Daños causados por sobrecargas o cargas no previstas en las estructuras de concreto.	4	5	20	4.83%	$ 4,273,060,458	
			53	0	$ 11,323,610,214	
ACEROS						$ 245,155,276
Mala posición o falta de refuerzo en áreas críticas.	4	5	20	4.83%	$ 9,613,932,396	
Corrosión del acero debido a la exposición a la humedad.	2	4	8	1.93%	$ 3,845,572,958	
Deficiencias en la soldadura de las barras de refuerzo.	2	3	6	1.45%	$ 2,884,179,719	

Uso de acero de refuerzo de baja calidad o no conforme a las especificaciones.	2	4	8	1.93%	$ 3,845,572,958	
Deslizamiento o desprendimiento del acero de refuerzo durante la construcción o en condiciones de carga.	3	3	9	2.17%	$ 4,326,269,578	
			51	0	$ 24,515,527,610	
MAMPOSTERIA, REVOQUES Y PISOS						$ 261,499,501
Fallas en la resistencia estructural de los muros de mampostería.	2	4	8	1.93%	$ 3,803,629,098	
Desalineación o desplome de los muros durante la construcción.	3	4	12	2.90%	$ 5,705,443,647	
Incompatibilidad entre los materiales de mampostería utilizados.	4	4	16	3.86%	$ 7,607,258,196	
Daños causados por vibraciones o movimientos sísmicos en la mampostería.	2	5	10	2.42%	$ 4,754,536,373	
Falta de adherencia o falta de calidad en los morteros utilizados para la mampostería.	3	3	9	2.17%	$ 4,279,082,735	
			55	0	$ 26,149,950,050	
ESTRUCTURA METALICA Y CUBIERTAS						$ 213,711,959
Filtraciones de agua o fugas en la cubierta.	3	4	12	2.90%	$ 6,931,198,685	
Inadecuada impermeabilización de la cubierta.	2	3	6	1.45%	$ 3,465,599,342	
Colapso de la estructura de cubierta debido a cargas excesivas.	2	5	10	2.42%	$ 5,775,998,904	
Daños causados por vientos fuertes o condiciones climáticas adversas.	1	3	3	0.72%	$ 1,732,799,671	
Deficiencias en los sistemas de drenaje de la cubierta.	3	2	6	1.45%	$ 3,465,599,342	

			37	0	$ 21,371,195,944	
INSTALACIONES HIDRAULICAS, SANITARIAS Y DE AGUAS LLUVIAS						$ 74,964,719
Fugas o rupturas en las tuberías de agua potable o alcantarillado.	3	3	9	2.17%	$ 1,686,706,173	
Deficiencias en la capacidad de los tanques de agua.	2	2	4	0.97%	$ 749,647,188	
Problemas de drenaje o flujo de agua incorrecto.	3	3	9	2.17%	$ 1,686,706,173	
Contaminación del suministro de agua debido a errores en las instalaciones hidráulicas.	3	2	6	1.45%	$ 1,124,470,782	
Daños a las instalaciones debido a movimientos o asentamientos del terreno.	4	3	12	2.90%	$ 2,248,941,563	
			40	0	$ 7,496,471,878	
CARPINTERIA METALICA						$ 83,968,911
Defectos en la fabricación o instalación de puertas y ventanas metálicas	3	1	3	0.72%	$ 2,798,963,715	
corrosión de los elementos de carpintería	2	2	4	0.97%	$ 3,731,951,620	
Problemas de seguridad relacionados con las rejas y barandas	2	1	2	0.48%	$ 1,865,975,810	
			9	0	$ 8,396,891,146	
BATERIAS SANITARIAS						$ 9,029,922
Fugas y obstrucción en las tuberías y sistemas de drenaje	3	2	6	1.45%	$ 416,765,625	
Problemas de funcionamiento, inodoros y otros accesorios	3	1	3	0.72%	$ 208,382,813	

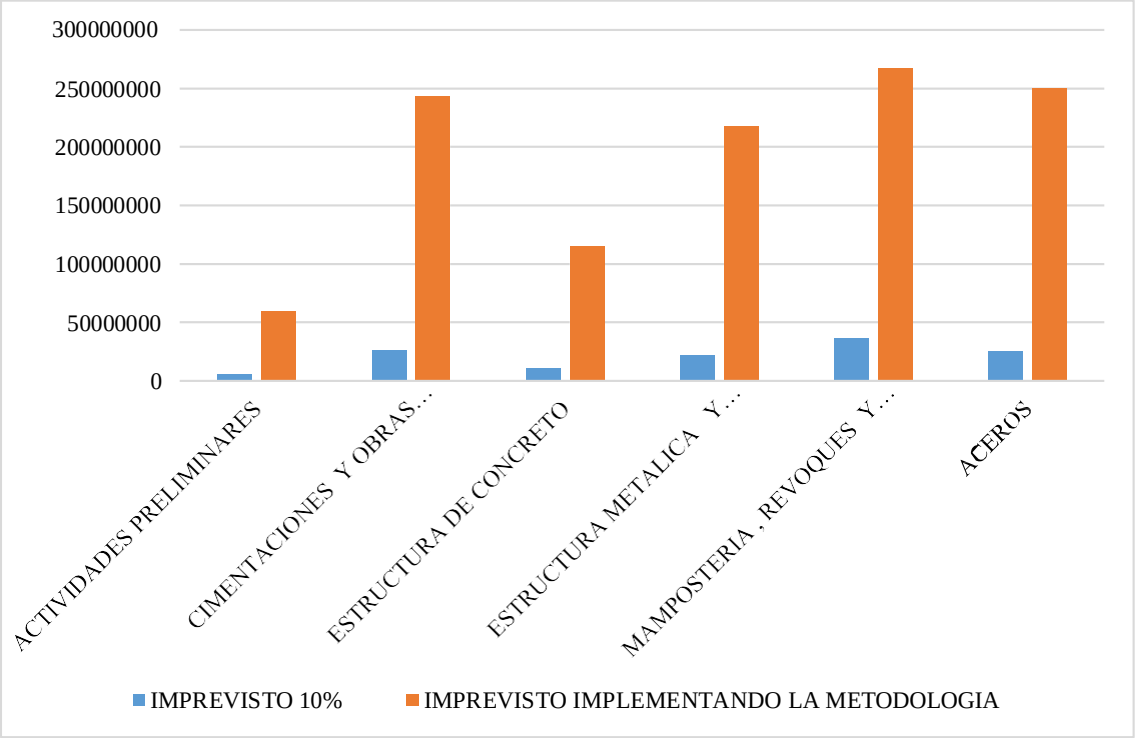
Deficiencia en la calidad de los materiales utilizados en los aparatos sanitarios	2	2	4	0.97%	$ 277,843,750	
			13	0	$ 902,992,188	
ACABADOS ARQUITECTONICOS						$ 197,626,642
Desprendimiento de los acabados de pañetes y pintura debido a problemas de adherencia	3	3	9	2.174%	$ 11,116,498,595	
Deterioro de los acabados por la exposición a la intemperie y a agentes químicos	2	2	4	0.966%	$ 4,940,666,042	
Errores en la aplicación de los pañetes y pintura que afectan la estética y durabilidad	1	3	3	0.725%	$ 3,705,499,532	
			16		$ 19,762,664,169	
				0		
	Total		**414**	100%		$ 1,495,911,076

Fuente. Autora del proyecto

Finalmente, como parte del análisis desarrollado, se elaboró una gráfica como se indica en la figura 17 que permite evidenciar la diferencia entre el presupuesto destinado a imprevistos con la generalización del 0.98% como factor de cálculo para todas las actividades, y el valor de imprevistos ajustado con la implementación de la metodología.

Figura 17.

Imprevistos al 10% vs. Imprevistos recalculados



Fuente. Autora del proyecto

Como se aprecia en la figura 17 anterior hay una fuerte variación entre los costos destinados para imprevistos en cada actividad, sobreestimando costos con el 0.98% para actividades como las mampostería, revoques y pisos, cimentaciones y obras complementarias, aceros las cuales poseen el mayor valor directo de todo el proyecto, en cambio los valores recalculados, varían en función de la severidad de cada riesgo para el proyecto. Es por ello por lo

que se pasó de un valor inicial de imprevistos de $1,638,919,138 a un $1,495,911,076 $ una diferencia de $ $143,008,062 lo cual es un valor considerable para el costo total del proyecto.

Conclusiones

Al término de esta esta investigación, se pudo concluir a partir de la revisión del estado del arte, la existencia de una variedad de metodologías para la gestión de riesgos y la estimación del costo de imprevistos en los presupuestos de obras verticales. De las mismas, se destacan algunas relevantes como la utilización de la expansión de la serie de Taylor para aproximar la media y la varianza de los costos; la simulación de Monte Carlo Permite evaluar escenarios y variaciones en los costos y tiempos mediante la generación de variables aleatorias y análisis probabilístico; el análisis de Sensibilidad y Factores de Contingencia que integra reservas financieras para abordar eventos inesperados y ajustar los presupuestos de acuerdo con la probabilidad y el impacto de los riesgos. Es decir, que proporcionan enfoques tanto cuantitativos como cualitativos para la identificación y mitigación de riesgos, facilitando una estimación más precisa de los costos imprevistos.

De igual forma, esta revisión documental, permitió identificar que dichas metodologías integran herramientas técnicas como son los modelos estadísticos y analíticos aplicación de métodos estadísticos avanzados y herramientas analíticas para evaluar la probabilidad y el impacto de riesgos; las herramientas para ejecutar simulaciones de Monte Carlo, facilitando la generación de escenarios y el análisis de resultados; así como también controles de calidad y procedimientos de validación a través de la implementación de procedimientos para validar la precisión de las estimaciones y ajustar las reservas según los resultados obtenidos. A partir de esta estructura metodológica se proporciona un marco detallado y técnico para abordar los riesgos en presupuestos de obras verticales, asegurando que se tomen en cuenta todas las variables y escenarios posibles.

En la misma línea, se concluye de análisis desarrollado que la aplicación de la metodología aplicada a un presupuesto de obra civil vertical ha demostrado ser efectiva en la estimación de costos de imprevistos. Mediante la simulación de diferentes escenarios utilizando la metodología de Monte Carlo y otras herramientas técnicas, se han identificado y cuantificado de manera precisa los posibles imprevistos.

Respecto a la simulación ha permitido evaluar una amplia gama de escenarios, proporcionando una distribución de probabilidad detallada para los costos imprevistos. Los resultados han llevado a ajustes precisos en el presupuesto, reflejando una mayor precisión en la estimación de contingencias.

Finalmente, hay que indicar que la mejora en la Gestión de Riesgos a través de este tipo de metodología facilita una mejor comprensión y gestión de los riesgos, permitiendo la asignación adecuada de recursos y la planificación proactiva para mitigar los imprevistos. Es decir, que la metodología desarrollada ha mejorado significativamente la estimación de costos imprevistos en obras verticales, proporcionando una herramienta robusta para la planificación y gestión de proyectos en el sector de la construcción.

Recomendaciones

Referente a las recomendaciones, es importante que:

Se continúe la investigación en esta línea, a través de una revisión periódica del estado del arte y las últimas publicaciones para tener actualizaron permanente de las nuevas metodologías y enfoques en la gestión de riesgos

Evaluar y comparar las metodologías existentes (como el Método de Primer Orden Segundo Momento, Simulación de Monte Carlo, y análisis de sensibilidad) en función de sus ventajas, limitaciones y aplicabilidad a proyectos de obras verticales.

Probar y validar las metodologías en proyectos piloto antes de su implementación a gran escala. Esto permite identificar posibles problemas y ajustar las técnicas según sea necesario.

Desarrollo de Protocolos Estandarizados: Crear protocolos estandarizados para la aplicación de herramientas técnicas y modelos estadísticos. Esto facilita la consistencia en la estimación de costos y la gestión de riesgos.

Invertir en capacitación y formación para el personal en el uso de herramientas técnicas y metodologías avanzadas. Asegúrese de que el equipo esté familiarizado con el uso de software especializado y técnicas analíticas.

Integrar herramientas técnicas y modelos estadísticos en el proceso de planificación y gestión de proyectos. Asegúrese de que las herramientas seleccionadas sean compatibles con los sistemas existentes.

Realizar simulaciones extensivas para evaluar una variedad de escenarios y su impacto en el presupuesto. Esto incluye la identificación y análisis de diferentes escenarios de riesgo y sus posibles efectos en los costos.

Utilizar los resultados de las simulaciones para hacer ajustes precisos en el presupuesto. Asegúrese de que los ajustes reflejen de manera realista los riesgos identificados y las contingencias necesarias.

Documentar todos los resultados de la simulación y los ajustes realizados. Proporcionar retroalimentación continua para mejorar la metodología y ajustar las estimaciones según las lecciones aprendidas durante el proyecto.

Establecer un sistema de monitoreo y revisión continua para evaluar la eficacia de la metodología aplicada. Realizar revisiones periódicas para ajustar la metodología en función de los resultados obtenidos y los cambios en las condiciones del proyecto.

Referencias

Cahuana, G. (2009). *GESTIÓN DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO*. De La guia PMBOK: https://uacm123.weebly.com/8-gestioacuten-de-los-riesgos-del-proyecto.html

Congreso de la Repúblca de Colombia, Ley 80 1993, Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública. De http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0080_1993.html

Congreso de la República De Colombia, Ley 1150/2007, Por medio de la cual se introducen medidas para la eficiencia y la transparencia en la Ley 80 de 1993 y se dictan otras disposiciones generales sobre la contratación con Recursos Públicos.. De http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1150_2007.html

Congreso de la República de Colombia,Ley 1537 de 2012, Por la cual se dictan normas tendientes a facilitar y promover el desarrollo urbano y el acceso a la vivienda y se dictan otras disposiciones.. De http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1537_2012.html

Cortés, G. A., & Villamizar, J. (2021). *Diagnóstico De La Gestión De Los Costos Para Las Obras De Espacio Público En La Calle 10 Entre La Carrera 5 Y La Carrera 6 En La Localidad De La Candelaria En Bogotá D.C De Acuerdo Con La Guia Pmbok® Versión 6.* De https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/8f732c85-b97f-41ed-b062-5497564542c5/content

Flórez, P. L., & Ruedas, C. L. (2022). Impacto de la gestión del presupuesto de obra en la rentabilidad de la empresa JUCAMAL S. A. S.*. *Revista, Volumen(Número), 1-21*. De https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/23523/ARTICULO%20FLOREZ%20%26%20RUEDAS%20EGF2021%20%20rev%2020-06-22%20%281%29.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Garcia, M. M., & Ricardo, S. J. (2020). *ESTADO DEL ARTE DE METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD A NIVEL SOCIAL Y ECONÓMICO DEBIDO A AMENAZAS DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA.* Universidad de la Salle.

Gómez, H. D., & Orobio, A. (2015). Efectos de la incertidumbre en la programación de proyectos de construcción de carreteras. *Dyna, vol. 82, núm. 193,*. De https://www.redalyc.org/pdf/496/49642141020.pdf

Hernandez, R. (2009). *Procedimiento para evaluar proyectos y establecer un orden de prioridades para su ejecución.* Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Proyectos, Gestión de Riesgos en Proyectos de Construcción.

Jacinto, M. D. (2019). *Simulator en la evaluación de la rentabilidad económicafinanciera en la empresa minera Winchusmayo E.I.R.L.*

Jaller, V. J. (2016). *METODOLOGÍA DE CONTROL DE COSTOS DE PRESUPUESTO EN CONSTRUCCIONES VERTICALES.* UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA FACULTAD DE INGENIERÍA. De https://core.ac.uk/download/pdf/143452376.pdf

Martínez, C. S. (2020). *diseño de un modelo de gestión de riesgos aplicable a proyectos de naturaleza ti de la alcaldía distrital de cartagena de indias.* Obtenido de diseño de un

modelo de gestión de riesgos aplicable a proyectos de naturaleza ti de la alcaldía distrital de cartagena de indias.: https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0074654.pdf

Martínez, G., Moreno, B., Ordóñez, J., & Alegre, J. (2010). *GESTIÓN DEL RIESGO DEL PROYECTO DE CAMPUS UNIVERSITARIO DEL PARQUE TÉCNOLÓGICO DE CIENCIAS DE LA SALUD – UNIVERSIDAD DE GRANADA.* UNIVERSIDAD DE GRANADA. De https://www.aeipro.com/files/congresos/2010madrid/ciip10_0034_0045.2795.pdf

Martinez, S. M. (2020). *desarrollo de una matriz de riesgos genérica para su implementación en proyectos de construcción bajo metodología pmi: un estudio de caso en bogotá.* Obtenido de desarrollo de una matriz de riesgos genérica para su implementación en proyectos de construcción bajo metodología pmi: un estudio de caso en bogotá.: https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/05b4c095-c86c-4c90-9f85-8198a6337f74/content

Molina, C. P. (2011). *Valoracion financiera utilzando opciones reales y el metodo de simulacion Montecarlo: Una metodologia indispensable para escenarios de incertidumbre.* De https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4717/1/T-ESPE-032842%20-MED.pdf

Monsalve, C. C. (2021). *Implementación de un modelo para la evaluación de la gestión integral de riesgos en el área de ingeniería de la IPS Universitaria*. Obtenido de Implementación de un modelo para la evaluación de la gestión integral de riesgos en el área de ingeniería de la IPS Universitaria: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/16119/2/CeballosCatalina_2020_ImplementacionModeloEvauacion.pdf

Montero, A. L., & Luque, L. J. (2014). *Diferencia en la Estimación del Presupuesto Inicial en un Proyecto de Construcción, Utilizando El Modelo de Costos por Actividades.* Universidad la Gran Colombia. De https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/4775/Diferencia_estimaci%C3%B3n_construcci%C3%B3n_modelo.pdf?sequence=1

Ochoa, C. M., & Alvarado, C. M. (2021). *PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL Y TOMA DE DECISIONES BAJO INCERTIDUMBRE.* UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA. De https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/39683/AlvaradoCamposMichaelStiven2021.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Patiño, V. S. (2009). *PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DEL AIU -ADMINISTRACIÓN, IMPREVISTOS Y UTILIDADES- EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES.* POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID. De https://repositorio.elpoli.edu.co/server/api/core/bitstreams/7dfd54ff-7c09-4a90-90b6-662744cb5c80/content

Presidencia de la República de Colombia, Decreto 734 de 2012, Por el cual se reglamenta el Estatuto General de Contratación de la Administración. De https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2017/Noviembre/Normograma/Gestion_administrativa/04_Ley_734_de_2012.pdf

Purizaca, L. D., & Suray, B. J. (2020). *Gestión de riesgos para controlar imprevistos en la ejecución de movimiento de tierras en obras de edificación.* Universidad Ricardo Palma. De https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3725?locale-attribute=en

Romero, N. V. (2023). *Implementación de la metodología PMBOK para la optimización de procesos.* De https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/35614

Ruiz, G. J. (2012). *Determinacion del imprevisto en ofertas economicas de licitacion para la consrtuccion de obras civiles.* Universidad de los Andes. De https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/9474be9a-894e-468f-b9bb-961b63758921/content

Salazar, J. E., & Alzate, C. A. (2018). Aplicación de la simulación Monte Carlo en la proyección del estado de resultados. Un estudio de caso. *Revista Espacios*. De https://www.revistaespacios.com/a18v39n51/a18v39n51p11.pdf

Taco, M. D. (2017). *Simulacio n de Monte Carlo para la Gestio n de Costos en la Evaluacio n de Proyectos de Inversio n, caso: Construcción del Hotel Wyndham Gran Co ndor PRONOBIS S.A. Ecuador.* Universidad de Buenos Aires. De http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/tpos/1502-0514_TacoMenaDC.pdf

Tamay, D. Y. (2022). *propuesta para la gestión de riesgos en la obra construcción y equipamiento del centro de aplicación de chachapoyas, amazonas*. Obtenido de propuesta para la gestión de riesgos en la obra construcción y equipamiento del centro de aplicación de chachapoyas, amazonas: https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/6945/REP_DARWIN.SANCHEZ_GESTION.DE.RIESGOS.EN.LA.OBRA.pdf?sequence=1

Apéndices

Apéndice A. Percentiles

Presenta los percentiles resultantes de la simulación de Montecarlo aplicado en los presupuestos de obras verticales; en esta se observan los valores proyectados para diferentes niveles de confianza, lo que permite entender la distribución de los posibles resultados del presupuesto. Los percentiles reflejan las probabilidades de que el costo total del proyecto no exceda ciertos valores.

PERCENTILES	
P(X)	Valor ($)
30%	$ 1.685.574.569
40%	$ 1.690.286.365
50%	$ 1.694.690.368
60%	$ 1.699.094.371
70%	$ 1.703.806.167
80%	$ 1.709.320.502
90%	$ 1.716.967.933
Media	$ 1.694.690.368
Error típico	$ 173.833
Mediana	$ 1.694.748.997
Moda	#N/A
Desviación estándar	$ 17.383.276
Varianza de la muestra	$ 302.178.296.863.470
Curtosis	$ 0
Coeficiente de asimetría	$ 0
Rango	$ 135.653.165
Mínimo	$1.618.280.652
Máximo	$ 1.753.933.816
Suma	$16.946.903.680.023
Cuenta	$ 10.000

Apéndice B. Proyecto 2.

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA AMPLIACIÓN, DEL COLEGIO INTEGRADO GILBERTO CLARO LOZANO DEL CORREGIMIENTO DE ASPASICA MUNICIPIO DE LA PLAYA DE BELEN NORTE DE SANTANDER

CAPITULO 1 DESMONTE Y DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

ITEM	ACTIVIDAD	PRESUPUESTO MINIMO	PRESUPUESTO REAL	PRESUPUESTO MAXIMO	DISTRIBUCION	IMPREVISTO 10%
1.1.1	DESMONTE DE PUERTAS Y VENTANAS EXISTENTES	$ 397.483,20	$ 441.648	$ 485.812,80	$ 441.648	$ 44.165
1.1.2	DESMONTE DE APARATO SANITARIO	$ 49.685,40	$ 55.206	$ 60.726,60	$ 55.206	$ 5.521
1.1.3	DESMONTE DE TECHO EN ETERNIT	$ 6.483.944,70	$ 7.204.383	$ 7.924.821,30	$ 7.204.383	$ 720.438
1.1.4	DEMOLICION MURO CASA EXISTENTE	$ 9.833.989,28	$ 10.926.655	$ 12.019.320,23	$ 10.926.655	$ 1.092.665
1.1.5	DEMOLICION PISIO EN TABLETA DE GRES	$ 3.810.150,00	$ 4.233.500	$ 4.656.850,00	$ 4.233.500	$ 423.350
1.1.6	RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE DE DEMOLICION	$ 7.441.696,31	$ 8.268.551	$ 9.095.406,61	$ 8.268.551	$ 826.855

CAPITULO 2 CONSTRUCCIÓN FACHADA PRINCIPAL, RECEPCIÓN Y OFICINA

2.1.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	$ 385.072,11	427857,9	$ 470.643,69	$ 427.858	$ 42.786
2.2.1	EXCAVACIÓN MANUAL EN MATERIAL SIN CLASIFICAR	$ 1.710.894,97	1900994,408	$ 2.091.093,85	$ 1.900.994	$ 190.099
2.2.2	RETIRO DE MATERIAL	$ 930.604,99	1034005,547	$ 1.137.406,10	$ 1.034.006	$ 103.401

	SOBRANTE DE EXCAVACIÓN					
2.2.3	RELLENO EN MATERIAL DE RECEBO COMPACTADO	$ 1.818.956,90	2021063,228	$ 2.223.169,55	$ 2.021.063	$ 202.106
2.3.1	CONCRETO CLASE G PARA CIMIENTOS	$ 2.987.622,44	3319580,484	$ 3.651.538,53	$ 3.319.580	$ 331.958
2.3.2	VIGA DE CIMENTACIÓN DE 0,25X0,25 EN CONCRETO f´c=21 mpas	$ 2.472.489,99	2747211,1	$ 3.021.932,21	$ 2.747.211	$ 274.721
2.4.1	CONCRETO f´c=21 mpas PARA COLUMNAS DE 0,15X0,25 MTS (Incluye cartela vertical en platina E=3/16" según diseño)	$ 2.844.158,04	3160175,6	$ 3.476.193,16	$ 3.160.176	$ 316.018
2.4.2	COLUMNAS DE 0,15X0,30 EN CONCRETO CLASE D f´c=21 mpas	$ 691.481,70	768313	$ 845.144,30	$ 768.313	$ 76.831
2.4.3	VIGA CORONA DE 0.15X0.15 EN CONCRETO CLASE D f´c=21 mpas	$ 2.488.088,12	2764542,35	$ 3.040.996,59	$ 2.764.542	$ 276.454
2.4.4	VIGA CINTA DE 0.12X0.12 EN CONCRETO CLASE D f´c=21 mpas	$ 1.312.841,52	1458712,8	$ 1.604.584,08	$ 1.458.713	$ 145.871
2.4.5	PLACA EN CONCRETO CLASE D f´c=21 mpas IMPERMEABILIZADO E=0.10m	$ 4.558.451,33	5064945,92	$ 5.571.440,51	$ 5.064.946	$ 506.495
2.4.6	RAMPA EN CONCRETO	$ 7.853.731,20	8726368	$ 9.599.004,80	$ 8.726.368	$ 872.637

	f´c=17,5 mpas INCLUYE MALLA ELECTROSOLDADA					
2.4.7	ESCALERAS EN CONCRETO CLAS D f´c=21 mpas	$ 3.292.941,60	3658824	$ 4.024.706,40	$ 3.658.824	$ 365.882
2.4.8	ACERO DE REFUERZO fy=420mpas	$ 7.777.592,89	8641769,875	$ 9.505.946,86	$ 8.641.770	$ 864.177
2.5.1	MAMPOSTERIA LADRILLO A LA VISTA DOS CARAS E= 0,12 MORTE 1:3	$ 10.745.116,20	11939018	$ 13.132.919,80	$ 11.939.018	$ 1.193.902
2.5.2	MURO EN LADRILLO DE OBRA E= 0,25	$ 1.062.864,00	1180960	$ 1.299.056,00	$ 1.180.960	$ 118.096
2.5.3	PAÑETE SOBRE MURO MORTERO 1:5	$ 291.168,00	323520	$ 355.872,00	$ 323.520	$ 32.352
2.5.4	ESTUCO SOBRE MURO	$ 255.657,60	284064	$ 312.470,40	$ 284.064	$ 28.406
2.5.5	PINTURA KORAZA SOBRE MUROS	$ 192.016,80	213352	$ 234.687,20	$ 213.352	$ 21.335
2.6.1	ANTEPISO EN CONCRETO f´c=17.5 mpas E= 0,07 INCLUYE MALLA ELECTROSOLDADA	$ 5.423.875,20	6026528	$ 6.629.180,80	$ 6.026.528	$ 602.653
2.6.2	ANDEN EN CONCRETO f´c=17,5 mpas INCLUYE MALLA ELECTROSOLDADA	$ 841.471,20	934968	$ 1.028.464,80	$ 934.968	$ 93.497
2.6.3	PISO EN CERAMICA DE 45X45 CM	$ 1.338.364,80	1487072	$ 1.635.779,20	$ 1.487.072	$ 148.707

2.6.4	PISO EN CERAMICA ANTIDESLIZANTE DE 30X30CM	$ 139.512,60	155014	$ 170.515,40	$ 155.014	$ 15.501
2.6.5	PISO EN TABLETA DE CONCRETO DE 40X40 CM	$ 12.682.152,00	14091280	$ 15.500.408,00	$ 14.091.280	$ 1.409.128
2.6.6	GUARDAESCOBA EN CERAMICA	$ 384.615,00	427350	$ 470.085,00	$ 427.350	$ 42.735
2.7.1	CORREAS METALICAS DE 3X1-1/2" CAL 16 INCLUYE PORTACORREA EN ANGULO DE 1 1/2" x 1/8"	$ 2.066.796,00	2296440	$ 2.526.084,00	$ 2.296.440	$ 229.644
2.7.2	CUBIERTA EN TEJA TERMOACUSTICA	$ 2.311.279,20	2568088	$ 2.824.896,80	$ 2.568.088	$ 256.809
2.7.3	CERCHA EN PERFIL C DOBLE DE 50X150 CAL 14 SEGÚN DISEÑO	$ 1.848.714,30	2054127	$ 2.259.539,70	$ 2.054.127	$ 205.413
2.8.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE CAJA DE INSPECCION EN MAMPOSTERIA Y MARCO Y TAPA EN ANGULO METALICO DE 2"X2", CON ACABDO FRISADO DE 60X60X80 CM	$ 519.795,00	577550	$ 635.305,00	$ 577.550	$ 57.755
2.8.2	SUMINISTRO E INSTALACION DE TOMACORRIENTE MONOFASICO,	$ 333.151,20	370168	$ 407.184,80	$ 370.168	$ 37.017

	120 VOL, 15 AMP, INCLUYE EL CABLEADO Y CANALIZACION EN TUBERIA PVC 1/2" , ACCESORIOS DE DERIVACION Y EMPALMES, (CURVAS, UNIONES , TERMINALES, CAJAS.)					
2.8.3	SUMINISTRO E INSTALACION DE INTERRUPTOR DOBLE, 15 AMP, 120 VOL. INCLUYE EL CABLEADO Y CANALIZACION EN TUBERIA PVC 3/4" EMPOTRADA, ACCESORIOS DE DERIVACION Y EMPALMES, (CURVAS, UNIONES, TERMINALES, CAJAS.)	$ 162.975,60	181084	$ 199.192,40	$ 181.084	$ 18.108
2.8.4	SUMINISTRO E INSTALACION DE LAMPARA LED HERMETICA 2×18, IP 65, INCLUYE EL CABLEADO Y CANALIZACION EN TUBERIA EMT 3/4" A LA	$ 835.668,90	928521	$ 1.021.373,10	$ 928.521	$ 92.852

	VISTA, INCLUYE ACCESORIOS DE SOPORTE, DERIVACION Y EMPALMES, (CURVAS, UNIONES, TERMINALES, CAJAS.)					
2.8.6	SUMINISTRO E INSTALACION DE TABLERO DE 12 CIRCUITOS BIFASICO CON ESPACIO PARA TOTALIZADOR PARA CIRCUITOS DE ILUMINACION Y TOMAS DE AULA AGROINDUSTRIAL, INCLUYE PROTECCIONES.	$ 999.237,60	1110264	$ 1.221.290,40	$ 1.110.264	$ 111.026
2.8.7	SUMINISTRO E INSTALACION DE SALIDA VOZ Y DATOS EN TUBERIA PVC DE 3/4", INCLUYE APARATO, NO INCLUYE CABLEADO	$ 168.450,30	187167	$ 205.883,70	$ 187.167	$ 18.717
2.8.8	SUMINISTRO E INSTALACION DE SALIDA VIDEO EN TUBERIA PVC DE 1", INCLUYE APARATO, NO INCLUYE CABLEADO	$ 154.336,50	171485	$ 188.633,50	$ 171.485	$ 17.149

2.8.9	SUMINISTRO E INSTALACION DE SALIDA VOZ Y DATOS EN TUBERIA EMT DE 1", INCLUYE APARATO, NO INCLUYE CABLEADO	$ 293.306,40	325896	$ 358.485,60	$ 325.896	$ 32.590
2.8.10	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACOMETIDA EN 2X8F+8N+8T AWG TIPO 80°C 750 V PE HF FR LS CU PARA TABLERO	$ 1.182.384,00	1313760	$ 1.445.136,00	$ 1.313.760	$ 131.376
2.9.1	PUERTA EN LAMINA CAL 18 INCLUYE ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE	$ 1.995.381,00	2217090	$ 2.438.799,00	$ 2.217.090	$ 221.709
2.9.2	VENTANA EN LAMINA METALICA CAL 18 INCLYE ANTICORROSIVO ACABDO EN ESAMLTE Y VIDRIO DE 4 MM	$ 1.963.381,50	2181535	$ 2.399.688,50	$ 2.181.535	$ 218.154
2.9.3	PORTON METALICO PARA ACCESO EN TUBERIA DE 2" INCLUYE ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE	$ 2.764.260,00	3071400	$ 3.378.540,00	$ 3.071.400	$ 307.140
2.9.4	REJA METALICA EN TUBERIA DE 2” INCLUYE ANTICORROSIV	$ 1.419.862,50	1577625	$ 1.735.387,50	$ 1.577.625	$ 157.763

	O Y ACABADO EN ESMALTE					
2.9.5	SUMINISTRO E INSTALACIÒN DE PASAMANOS EN TUBERÌA NEGRA DE 2", INCLUYE PINTURA Y ANTICORROSIVO	$ 41.620.203,00	46244670	$ 50.869.137,00	$ 46.244.670	$ 4.624.467
2.10.1	RED INTERNA EN TUBERIA DE PVC PRESIÒN DE 1/2", INCLUYE ACCESORIOS	$ 208.926,00	232140	$ 255.354,00	$ 232.140	$ 23.214
2.10.2	RED INTERNA EN TUBERIA DE PVC SANITARIA DE 2", INCLUYE ACCESORIOS	$ 184.680,00	205200	$ 225.720,00	$ 205.200	$ 20.520
2.10.3	RED INTERNA EN TUBERIA DE PVC SANITARIA DE 3", INCLUYE ACCESORIOS	$ 354.056,40	393396	$ 432.735,60	$ 393.396	$ 39.340
2.10.4	RED INTERNA EN TUBERIA DE PVC SANITARIA DE 4", INCLUYE ACCESORIOS	$ 1.196.059,50	1328955	$ 1.461.850,50	$ 1.328.955	$ 132.896
2.10.5	SUMINISTRO E INSTALACIÒN DE SANITARIOS	$ 366.484,50	407205	$ 447.925,50	$ 407.205	$ 40.721
2.10.6	SUMINISTRO E INSTALACIÒN DE LAVAMANOS	$ 111.807,00	124230	$ 136.653,00	$ 124.230	$ 12.423
2.10.7	CAJA DE INSPECCION EN LADRILLO DE OBRA DE 0,6x0,6 X0,8 INCLUYE	$ 337.410,00	374900	$ 412.390,00	$ 374.900	$ 37.490

	BASE Y TAPA EN CONCRETO					
2.10.8	LLAVE DE PASO 1/2" INCLUYE ACCESORIOS	$ 47.124,90	52361	$ 57.597,10	$ 52.361	$ 5.236
2.10.9	SUMINISTRO E INSTALACION SIFON DE 3" INCLUYE REJILLA	$ 99.552,60	110614	$ 121.675,40	$ 110.614	$ 11.061
2.10.10	TANQUE DE 500 LTS INCLUYE ACCESORIOS NECESARIOS PARA SU INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO	$ 886.326,30	984807	$ 1.083.287,70	$ 984.807	$ 98.481
2.11.1	CANAL PVC AGUAS LLUVIAS TIPO AMAZONAS	$ 576.034,20	640038	$ 704.041,80	$ 640.038	$ 64.004
2.11.2	BAJANTES PARA DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS EN TUBERIA DE PVC DE 4"	$ 661.694,40	735216	$ 808.737,60	$ 735.216	$ 73.522
2.11.3	ASEO Y LIMPIEZA	$ 930.936,06	1034373,4	$ 1.137.810,74	$ 1.034.373	$ 103.437
VALOR TOTAL DEL PROYECTO		$ 141.082.016,05	65024327,4	$ 172.433.575,17	$ 156.757.795,61	$ 15.675.780

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA AMPLIACIÓN, DEL COLEGIO INTEGRADO GILBERTO CLARO LOZANO DEL CORREGIMIENTO DE ASPASICA MUNICIPIO DE LA PLAYA DE BELEN NORTE DE SANTANDER

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT	VR UNITARIO	VR TOTAL
1	PRELIMINARES				$ 931.680
1.1	LOCALIZACION Y REPLANTEO	M2	240	$ 3.882	$ 931.680
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				$ 2.962.944
2.1	EXCAVACION MANUAL	M3	24	$ 39.570	$ 949.680
2.2	RELLENO EN RECEBO COMPACTADO	M3	24	$ 53.700	$ 1.288.800
2.3	RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE INCLUYE ESCOMBROS	M3	31,2	$ 23.220	$ 724.464
3	CONCRETOS				$ 11.895.550
3.1	BORDILLO EN CONCRETO DE 3000 PSI DE 30 CM X10 CM	ML	63	$ 42.150	$ 2.655.450
3.2	CONCRETO DE 3000 PSI PARA PISO E = 10 CM	M2	99	$ 68.750	$ 6.806.250
3.3	SIEMBRA DE DURANTAS	UND	100	$ 14.290	$ 1.429.000
3.4	MALLA ELECTROSOLDADA	M2	99	$ 10.150	$ 1.004.850
4	ADECUACION DE PISOS				$ 1.835.460
4.1	PINTURA SOBRE PISO TRAFICO PESADO	M2	99	$ 18.540	$ 1.835.460
5	INSTALACIONES ELÉCTRICAS				$ 5.847.650
5.1	INSTALACIÓN DE POSTE METÁLICO DE 3" PARA ILUMINACIÓN, INCLUYE LUMINARIA LED	UNIDAD	6	$ 623.775	$ 3.742.650
5.2	INSTALACIÓN DE ACOMETIDA ELÉCTRICA PARA ILUMINACIÓN, INLCUYE CABLE No 12 Y TUBERÍA	ML	50	$ 42.100	$ 2.105.000
6	SUMINISTRO DE ELEMENTOS Y EQUIPOS				$ 21.021.450
6.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EJERCITADOR PECTORAL SENTADO DOBLE	UNIDAD	1	$ 3.341.250	$ 3.341.250
6.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE KIT	UNIDAD	1	$ 3.202.050	$ 3.202.050

	DE BARRAS PARALELAS				
6.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE COLUMPIO DOBLE	UNIDAD	1	$ 3.480.450	$ 3.480.450
6.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PONY	UNIDAD	1	$ 3.062.850	$ 3.062.850
6.5	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE JUEGO INFANTIL	UNIDAD	1	$ 7.934.850	$ 7.934.850
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO				$ 44.494.734

Proyecto 3.

CONSTRUCCION DE UN (01) GIMNASIO BIOSALUDABLE EN EL BARRIO VILLAS DEL TEJAR DEL MUNICIPIO DE LA PLAYA DE BELEN – NORTE DE SANTANDER

ITEM	ACTIVIDAD	PRESUPUESTO MINIMO	PRESUPUESTO REAL	PRESUPUESTO MAXIMO	DISTRIBUCION		IMPREVISTO 10%
1	PRELIMINARES						$ 931.680
1.1	LOCALIZACION Y REPLANTEO	$ 838.512,0	$ 931.680	$ 1.024.848,0	$ 931.680	$ 93.168	
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS						$ 2.962.944
2.1	EXCAVACION MANUAL	$ 854.712,0	$ 949.680	$ 1.044.648,0	$ 949.680	$ 94.968	
2.2	RELLENO EN RECEBO COMPACTADO	$ 1.159.920,0	$ 1.288.800	$ 1.417.680,0	$ 1.288.800	$ 128.880	
2.3	RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE INCLUYE ESCOMBROS	$ 652.017,6	$ 724.464	$ 796.910,4	$ 724.464	$ 72.446	
3	CONCRETOS						$ 11.895.550
3.1	BORDILLO EN CONCRETO DE 3000 PSI DE 30 CM X10 CM	$ 2.389.905,0	$ 2.655.450	$ 2.920.995,0	$ 2.655.450	$ 265.545	
3.2	CONCRETO DE 3000 PSI PARA PISO E = 10 CM	$ 6.125.625,0	$ 6.806.250	$ 7.486.875,0	$ 6.806.250	$ 680.625	
3.3	SIEMBRA DE DURANTAS	$ 1.286.100,0	$ 1.429.000	$ 1.571.900,0	$ 1.429.000	$ 142.900	
3.4	MALLA ELECTROSOLDADA	$ 904.365,0	$ 1.004.850	$ 1.105.335,0	$ 1.004.850	$ 100.485	
4	ADECUACION DE PISOS						$ 1.835.460
4.1	PINTURA SOBRE PISO TRAFICO PESADO	$ 1.651.914,0	$ 1.835.460	$ 2.019.006,0	$ 1.835.460	$ 183.546	

5	INSTALACIONES ELÉCTRICAS						$ 5.847.650	
5.1	INSTALACIÓN DE POSTE METÁLICO DE 3" PARA ILUMINACIÓN, INCLUYE LUMINARIA LED	$ 3.368.385,0	$ 3.742.650	$ 4.116.915,0	$ 3.742.650	$ 374.265		
5.2	INSTALACIÓN DE ACOMETIDA ELÉCTRICA PARA ILUMINACIÓN, INLCUYE CABLE No 12 Y TUBERÍA	$ 1.894.500,0	$ 2.105.000	$ 2.315.500,0	$ 2.105.000	$ 210.500		
6	SUMINISTRO DE ELEMENTOS Y EQUIPOS						$ 65.516.184	
6.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EJERCITADOR PECTORAL SENTADO DOBLE	$ 3.007.125,0	$ 3.341.250	$ 3.675.375,0	$ 3.341.250	$ 334.125		
6.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE KIT DE BARRAS PARALELAS	$ 2.881.845,0	$ 3.202.050	$ 3.522.255,0	$ 3.202.050	$ 320.205		
6.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE COLUMPIO DOBLE	$ 3.132.405,0	$ 3.480.450	$ 3.828.495,0	$ 3.480.450	$ 348.045		
6.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PONY	$ 2.756.565,0	$ 3.062.850	$ 3.369.135,0	$ 3.062.850	$ 306.285		
6.5	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE JUEGO INFANTIL	$ 7.141.365,0	$ 7.934.850	$ 8.728.335,0	$ 7.934.850	$ 793.485		
		$ 40.045.260,6	$ 44.494.734	$ 48.944.207,4	$ 44.494.734	$ 4.449.473		

	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Severidad	%	Costo Riesgo	presupuesto	Presupuesto de imprevisto
1	PRELIMINARES						$ 931.680	$ 102.485
1.1	LOCALIZACION Y REPLANTEO	3	3	9	6,21%	$ 10.248.480		
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS			9			$ 2.962.944	$ 325.924
2.1	EXCAVACION MANUAL	1	3	3	2,07%	$ 6.518.477		
2.2	RELLENO EN RECEBO COMPACTADO	3	2	6	4,14%	$ 118.517.760		
2.3	RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE INCLUYE ESCOMBROS	3	2	6	4,14%	$ 118.517.760		
3	CONCRETOS			15			$ 11.895.550	$ 1.308.511

3.1	BORDILLO EN CONCRETO DE 3000 PSI DE 30 CM X10 CM	4	5	20	13,79%	$ 56.891.761		
3.2	CONCRETO DE 3000 PSI PARA PISO E = 10 CM	3	5	15	10,34%	$ 42.668.821		
3.3	SIEMBRA DE DURANTAS	1	5	5	3,45%	$ 14.222.940		
3.4	MALLA ELECTROSOLDADA	2	3	6	4,14%	$ 17.067.528		
4	ADECUACION DE PISOS			46			$ 1.835.460	$ 201.901
4.1	PINTURA SOBRE PISO TRAFICO PESADO	3	1	3	2,07%	$ 3.187.904		
5	INSTALACIONES ELÉCTRICAS			3			$ 5.847.650	$ 643.242
5.1	INSTALACIÓN DE POSTE METÁLICO DE 3" PARA ILUMINACIÓN, INCLUYE LUMINARIA LED	3	5	15	10,34%	$ 50.782.224		
5.2	INSTALACIÓN DE ACOMETIDA ELÉCTRICA PARA ILUMINACIÓN, INLCUYE CABLE No 12 Y TUBERÍA	2	2	4	2,76%	$ 13.541.926		
6	SUMINISTRO DE ELEMENTOS Y EQUIPOS			19			$ 65.516.184	$ 7.206.780
6.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EJERCITADOR PECTORAL SENTADO DOBLE	3	5	15	10,34%	$ 203.965.478		
6.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE KIT DE BARRAS PARALELAS	2	4	8	5,52%	$ 108.781.589		
6.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE COLUMPIO DOBLE	1	4	4	2,76%	$ 54.390.794		
6.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PONY	2	3	6	4,14%	$ 81.586.191		
6.5	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE JUEGO INFANTIL	4	5	20	13,79%	$ 271.953.971		
				53				
	TOTAL			145	100%	$1.172.843.605		