



**GUÍA DE BUENAS PRÁCTICA EN LA EJECUCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL CRONOGRAMA  
DE ACTIVIDADES EN PROYECTOS DE OBRAS CIVILES HIDRÁULICAS Y DE  
INFRAESTRUCTURA**

Mario Fernando Peña Prada  
Orlando Velandia Riscanevo

Facultad de Ciencias Sociales, Humanas y Empresariales  
Universidad Piloto de Colombia  
Maestría en Gerencia de Proyectos  
Docente: Ing. Joan David Galeano Avendaño  
Docente: Ing. Carlos Gabriel Calderón Ortega

Bogotá, D.C. 2025

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

## **DEDICATORIA**

Nuestra dedicatoria de esta tesis está completamente dirigida a nuestro Señor Todopoderoso Jesucristo por darnos la vida, salud y voluntad para dar continuidad con nuestro proceso de formación. De igual modo, a nuestras familias, que son nuestra motivación y que han apoyado cada reto emprendido a lo largo de mi vida académica y de formación profesional.

## AGRADECIMIENTOS

Nuestro profundo agradecimiento a la Divina Providencia por proveernos las fuerzas para asumir este reto de dar continuidad con nuestro proceso de formación profesional, de emprender este nuevo proyecto y de entregar todo de nosotros para el éxito de este.

A nuestras familias por estar a nuestro lado en la consecución de este nuevo objetivo y siempre contar con su ánimo en los momentos de cansancio y brindarnos todo su apoyo para hacer que cada día sea importante en el camino de aprendizaje.

A la Universidad Piloto de Colombia que nos llena de confianza y motivación para asumir nuevos retos en nuestra vida profesional y académica, que además de formarnos como profesionales íntegros, nos instruye en la construcción de personas con base en valores morales y éticos que nos deja en disposición de servir a la comunidad con una formación cognitiva y experimental, logrando en el maestrante, una personal idóneo, capaz de emprender proyectos de cualquier índole con fines de entrega de soluciones de fondo.

De igual manera, a los compañeros de curso que han sido participes en el desarrollo de las actividades propias de la Maestría con sus aportes y experiencias en sus vidas labores y personales. Un profundo agradecimiento por tan invaluable aporte para nuestro desarrollo personal y profesional. Claramente, el proceso cognitivo y de formación profesional evoca nuestro espíritu de contribuir a la sociedad, de ejercer nuestro conocimiento con base en una apropiación profesional bajo los principios e ideales éticos y morales que redunden en la satisfacción de los usuarios y receptores de nuestros servicios y trabajo.

## RESUMEN

Este documento presenta el planteamiento de una guía de buenas prácticas para optimizar la gestión del cronograma en proyectos de obras civiles hidráulicas y de infraestructura, integrando el marco del PMBOK SÉPTIMA EDICIÓN (PMI, 2021) y los principios de la metodología P2M de Japón (PMAJ, 2010). Se basa en una investigación que integre la aplicación de los principios y ámbitos de desempeño del PMBOK SÉPTIMA EDICIÓN (PMI, 2021), destacando su influencia de entrega de valor orientada al contexto de los proyectos para **garantizar la ejecución eficiente de proyectos en la revisión en la planificación y ejecución del cronograma de actividades operativas. Se abordan los desafíos asociados al incumplimiento de plazos, identificando estrategias para mitigar retrasos mediante una planificación rigurosa y un alcance claramente definido.**

La guía propuesta prioriza el equilibrio entre compromisos económicos, sociales, ambientales y legales, considerando su impacto en el ciclo de vida del proyecto. Se enfatiza la importancia de alinear las actividades con los objetivos del proyecto para minimizar efectos negativos en las comunidades circundantes y maximizar la eficacia en la ejecución. **El entregable final ofrece un modelo práctico que integra lecciones aprendidas y mejores prácticas, adaptadas al contexto de obras hidráulicas, para fortalecer la gestión del cronograma y cumplir con las proyecciones establecidas.**

Se tiene como referente y antecedente de las causas y consecuencias en el vacío de los cronogramas de ejecución de actividades, los múltiples proyectos de infraestructura en la ciudad y departamentos de Colombia en donde, se evidencia que el cronograma de actividades, sumado a la incorporación de costos y adquisición de materiales, cobra absoluta relevancia para el éxito de materialización de la obra y su puesta en marcha. El portal PACO, Portal Anticorrupción de Colombia, muestra el seguimiento estadístico de los diversos proyectos que cuentan con problemas en su ejecución y en los que se deriva temas de corrupción y detrimento patrimonial por inversión pública y privada para los avances de infraestructura en la capital.

Palabras clave: Gestión de proyectos, cronograma de obra, obras hidráulicas, PMBOK, P2M, buenas prácticas, optimización de plazos.

## ABSTRACT

*This document presents a proposal for a guide to best practices for optimizing schedule management in civil hydraulic works projects, integrating the PMBOK framework (PMI, 2021) and the principles of Japan's P2M methodology (PMAJ, 2010). It is based on research that integrates the application of PMBOK processes, highlighting their influence on the ten knowledge areas to ensure efficient project execution in the review of activity schedule planning and execution. It addresses the challenges associated with missed deadlines, identifying strategies to mitigate delays through rigorous planning and a clearly defined scope.*

*The proposed guide prioritizes the balance between economic, social, environmental, and legal commitments, considering their impact on the project life cycle. It emphasizes the importance of aligning activities with project objectives to minimize negative effects on surrounding communities and maximize execution effectiveness. The final deliverable offers a practical model that integrates lessons learned and best practices, adapted to the context of hydraulic works, to strengthen schedule management and meet established projections.*

*The multiple infrastructure projects in the city and departments of Colombia serve as a reference and precedent for the causes and consequences of gaps in activity implementation schedules, where it is evident that the activity schedule, combined with the incorporation of costs and procurement of materials, is absolutely critical to the successful completion and commissioning of the project. The PACO portal, Colombia's Anti-Corruption Portal, provides statistical monitoring of various projects that have problems in their execution and that give rise to issues of corruption and financial loss due to public and private investment for infrastructure development in the capital.*

*Keywords: Project management, construction schedule, hydraulic works, PMBOK, P2M, best practices, deadline optimization.*

## TABLA DE CONTENIDO

|        |                                                                                                                      |            |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1.     | PLANTEAMIENTO INICIAL DEL PROYECTO .....                                                                             | 14         |
| 1.1    | Antecedentes.....                                                                                                    | 14         |
| 1.1.1. | <i>Antecedentes del Problema, Necesidad u Oportunidad .....</i>                                                      | <i>14</i>  |
| 1.1.2. | <i>Descripción del problema (Problema de Negocio) - Árbol de problemas.....</i>                                      | <i>15</i>  |
| 1.1.3. | <i>Objetivos del Proyecto (General y Específicos) - Árbol de Objetivos.....</i>                                      | <i>21</i>  |
| 1.1.4. | <i>Matriz de Marco Lógico.....</i>                                                                                   | <i>24</i>  |
| 1.2    | Descripción Organización o Comunidad Fuente del Problema, Necesidad, Oportunidad<br>O Expectativa .....              | 26         |
| 1.2.1  | <i>Descripción General – Marco Histórico de la Organización.....</i>                                                 | <i>26</i>  |
| 1.2.2  | <i>Direccionamiento Estratégico de la Organización .....</i>                                                         | <i>28</i>  |
| 1.2.3  | <i>Estructura Organizacional.....</i>                                                                                | <i>29</i>  |
| 1.3    | Caso de Negocio (Business Case) .....                                                                                | 34         |
| 1.3.1  | <i>Descripción de Alternativas.....</i>                                                                              | <i>34</i>  |
| 1.3.2  | <i>Criterios de Selección de Alternativas.....</i>                                                                   | <i>35</i>  |
| 1.3.3  | <i>Análisis de Alternativas .....</i>                                                                                | <i>36</i>  |
| 1.3.4  | <i>Selección de Alternativa.....</i>                                                                                 | <i>38</i>  |
| 1.3.5  | <i>Justificación del Proyecto (Finalidad e Impacto) .....</i>                                                        | <i>39</i>  |
| 1.4    | Marco Teórico.....                                                                                                   | 40         |
| 1.5    | Marco Metodológico para realizar Trabajo de Grado .....                                                              | 53         |
| 1.5.1  | <i>Enfoque de Investigación.....</i>                                                                                 | <i>53</i>  |
| 1.5.2  | <i>Tipo de Investigación .....</i>                                                                                   | <i>54</i>  |
| 1.5.3  | <i>Población y Muestra .....</i>                                                                                     | <i>55</i>  |
| 1.5.4  | <i>Herramientas para la Recolección de Información.....</i>                                                          | <i>56</i>  |
| 1.5.5  | <i>Fuentes de Información (Primarias y Secundarias).....</i>                                                         | <i>58</i>  |
| 2.     | ESTUDIOS Y EVALUACIONES .....                                                                                        | 60         |
| 2.1    | Estudio de Mercado .....                                                                                             | 60         |
| 2.1.1  | <i>Población.....</i>                                                                                                | <i>60</i>  |
| 2.1.2  | <i>Proyección Demanda del Mercado .....</i>                                                                          | <i>61</i>  |
| 2.1.3  | <i>Proyección Oferta del Mercado.....</i>                                                                            | <i>63</i>  |
| 2.1.4  | <i>Punto Equilibrio Oferta – Demanda del Mercado .....</i>                                                           | <i>64</i>  |
| 2.1.5  | <i>Pronóstico de Ventas y Comercialización del Producto.....</i>                                                     | <i>66</i>  |
| 2.1.6  | <i>Factores de Competencia del Mercado y Distintivos del Proyecto .....</i>                                          | <i>67</i>  |
| 2.1.7  | <i>Determinación de Precio(s) / Estrategias de Comercialización del Producto.....</i>                                | <i>69</i>  |
| 2.2    | Estudio Técnico .....                                                                                                | 71         |
| 2.2.1  | <i>Definición Técnica y Conceptual del Proyecto – Producto .....</i>                                                 | <i>71</i>  |
| 2.2.2  | <i>Ingeniería del Proyecto – Procesos Productivos .....</i>                                                          | <i>72</i>  |
| 2.2.3  | <i>Tamaño del Proyecto .....</i>                                                                                     | <i>74</i>  |
| 2.2.4  | <i>Localización del Proyecto .....</i>                                                                               | <i>75</i>  |
| 2.2.5  | <i>Organización del Proyecto.....</i>                                                                                | <i>77</i>  |
| 2.2.6  | <i>Requerimiento para el Desarrollo eel Proyecto.....</i>                                                            | <i>85</i>  |
| 2.2.7  | <i>Supuestos y Restricciones del Proyecto .....</i>                                                                  | <i>92</i>  |
| 2.3    | Estudio Financiero .....                                                                                             | 93         |
| 2.3.1  | <i>Estimación del Valor de la Inversión del Proyecto (Activos Fijos, Preoperativos,<br/>Capital de Trabajo).....</i> | <i>93</i>  |
| 2.3.2  | <i>Definición y Determinación de Costos y Gastos de Operación (Ventas y<br/>Administrativos).....</i>                | <i>95</i>  |
| 2.3.3  | <i>Determinación de Fuentes de Financiación, Costo de Capital y Uso de Fondos.....</i>                               | <i>97</i>  |
| 2.3.4  | <i>Flujo de Caja del Proyecto.....</i>                                                                               | <i>100</i> |

|       |                                                                                                                                   |     |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.3.5 | <i>Proyección de Estados Financieros del Proyecto (Tesorería, Estado de Resultados y Balance General)</i> .....                   | 102 |
| 2.3.6 | <i>Determinación del Flujo de Caja Neto del Proyecto</i> .....                                                                    | 104 |
| 2.3.7 | <i>Determinación Tasa de Descuento del Proyecto</i> .....                                                                         | 105 |
| 2.3.8 | <i>Evaluación Financiera del Proyecto (VPN, TIR O de Beneficio-Costo, Punto de Equilibrio)</i> .....                              | 106 |
| 2.3.9 | <i>Análisis de Sensibilidad y Planes de Contingencia</i> .....                                                                    | 108 |
| 2.4   | <i>Estudio Social y Ambiental</i> .....                                                                                           | 109 |
| 2.4.1 | <i>Definición del Impacto Social y Ambiental</i> .....                                                                            | 109 |
| 2.4.2 | <i>Análisis, Descripción y Categorización de Beneficios y Costos Sociales. Balance Social</i> .....                               | 110 |
| 2.4.3 | <i>Análisis, Descripción y Categorización de Beneficios y Costos Ambientales....</i>                                              | 114 |
| 2.4.4 | <i>Análisis Ciclo de Vida del Producto o Bien o Servicio o Resultado (Ecoindicador 99, Iso 14040/44/Tr14047 Y Pas 2050)</i> ..... | 117 |
| 2.4.5 | <i>Definición de Flujo de Entradas y Salidas</i> .....                                                                            | 120 |
| 2.4.6 | <i>Cálculo de Impacto Ambiental Bajo Criterios P5TM</i> .....                                                                     | 121 |
| 2.4.7 | <i>Cálculo de Huella de Carbono</i> .....                                                                                         | 125 |
| 2.4.8 | <i>Estrategias de Mitigación de Impacto Ambiental</i> .....                                                                       | 129 |
| 3.    | <i>INICIO Y PLANEACIÓN DEL PROYECTO</i> .....                                                                                     | 131 |
| 3.1   | <i>Aprobación del Proyecto (Project Charter)</i> .....                                                                            | 131 |
| 3.2   | <i>Plan de Gestión del Proyecto</i> .....                                                                                         | 136 |
| 3.2.1 | <i>Plan de Gestión de Interesados</i> .....                                                                                       | 136 |
| 3.2.2 | <i>Plan de Gestión de Alcance</i> .....                                                                                           | 147 |
| 3.2.3 | <i>Plan de Gestión de Comunicaciones</i> .....                                                                                    | 159 |
| 3.2.4 | <i>Plan de Gestión del Cronograma</i> .....                                                                                       | 167 |
| 3.2.5 | <i>Plan de Gestión del Costo</i> .....                                                                                            | 178 |
| 3.2.6 | <i>Plan de Gestión de Calidad</i> .....                                                                                           | 187 |
| 3.2.7 | <i>Plan de Gestión de Recursos</i> .....                                                                                          | 202 |
| 3.2.8 | <i>Plan de Gestión del Riesgo</i> .....                                                                                           | 213 |
| 3.2.9 | <i>Plan de Gestión de Adquisiciones</i> .....                                                                                     | 224 |
| 4.    | <i>LECCIONES APRENDIDAS</i> .....                                                                                                 | 232 |
| 5.    | <i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i> .....                                                                                       | 233 |
| 6.    | <i>REFERENCIAS</i> .....                                                                                                          | 236 |
| 7.    | <i>ANEXOS</i> .....                                                                                                               | 240 |

## Lista De Tablas

|                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1 Matriz Marco Lógico .....                                                                                | 25  |
| Tabla 2 Materias Primas .....                                                                                    | 94  |
| Tabla 3 Presupuesto De Materia Prima .....                                                                       | 95  |
| Tabla 4 Presupuesto De Materia Prima .....                                                                       | 96  |
| Tabla 5 Presupuesto De Mano De .....                                                                             | 96  |
| Tabla 6 Gastos Administrativos.....                                                                              | 98  |
| Tabla 7 Tabla De Amortización Del Crédito A Corto Plazo.....                                                     | 98  |
| Tabla 8 Flujo de caja del proyecto.....                                                                          | 101 |
| Tabla 9 Proyección de estados financieros del proyecto (tesorería, estado de resultados y balance general) ..... | 103 |
| Tabla 10 Determinación del flujo de caja neto del proyecto .....                                                 | 104 |
| Tabla 11 Evaluación Financiera del proyecto (VPN, TIR o de beneficio-costos, punto de equilibrio) .....          | 107 |
| Tabla 12 Evaluación Financiera del proyecto.....                                                                 | 108 |
| Tabla 13 Análisis, descripción y categorización de beneficios y costos sociales. Balance social .....            | 111 |
| Tabla 14 Beneficios Totales (Positivos), Costos Totales (Esfuerzos/Negativos), Balance Neto .....                | 113 |
| Tabla 15 Categorización de Beneficios Ambientales.....                                                           | 115 |
| Tabla 16 Balance Ambiental .....                                                                                 | 116 |
| Tabla 17 Análisis de EcoIndicador 99 .....                                                                       | 117 |
| Tabla 18 Análisis de ISO 14040 .....                                                                             | 118 |
| Tabla 19 Análisis de ISO 14044 .....                                                                             | 119 |
| Tabla 20 Análisis de ISO/TR 14047 .....                                                                          | 120 |
| Tabla 21 Análisis de PAS 2050.....                                                                               | 120 |
| Tabla 22 Cálculo de impacto ambiental bajo criterios P5TM .....                                                  | 121 |
| Tabla 23 Cálculo De La Huella De Carbono.....                                                                    | 126 |
| Tabla 24 Estrategias de mitigación de impacto ambiental .....                                                    | 129 |
| Tabla 25 Información Del Proyecto .....                                                                          | 131 |
| Tabla 26 Patrocinador / Patrocinadores .....                                                                     | 132 |
| Tabla 27 Propósito Y Justificación Del Proyecto .....                                                            | 132 |
| Tabla 28 Descripción Del Proyecto Y Entregables .....                                                            | 132 |
| Tabla 29 Matriz Interesados Clave.....                                                                           | 141 |
| Tabla 30 Matriz Dependencia e Influencia .....                                                                   | 144 |
| Tabla 31 Matriz de Temas y Respuestas .....                                                                      | 146 |
| Tabla 32 Clasificación y documentación de requisitos del proyecto .....                                          | 150 |
| Tabla 33 Matriz de Trazabilidad de Requisitos.....                                                               | 151 |
| Tabla 34 Actas de Cierre de Proyecto o Fase .....                                                                | 153 |
| Tabla 35 Requisitos De Comunicación De Los Interesados .....                                                     | 160 |
| Tabla 36 Estrategias De Comunicación Con Las Partes Interesadas.....                                             | 161 |
| Tabla 37 Glosario de terminología común.....                                                                     | 163 |
| Tabla 38 Recursos, Habilidades Y Competencias Necesarias .....                                                   | 166 |
| Tabla 39 Diagrama PERT .....                                                                                     | 167 |
| Tabla 40 ResultadosDiagrama PERT .....                                                                           | 169 |
| Tabla 41 Cronograma actividades Project.....                                                                     | 174 |
| Tabla 42 Tabla Uso de Recursos.....                                                                              | 177 |
| Tabla 43 Línea base de costos .....                                                                              | 179 |
| Tabla 44 Presupuesto por actividades .....                                                                       | 180 |
| Tabla 45 Estructura de desagregación de recursos ReBS .....                                                      | 182 |

|                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 46 Estructura de Desagregación de Costos CBS .....                                                  | 184 |
| Tabla 47 <i>Indicadores de medición de desempeño</i> .....                                                | 184 |
| Tabla 48 Especificaciones técnicas de requerimientos .....                                                | 188 |
| Tabla 49 Formato Inspecciones con base en las actividades .....                                           | 192 |
| Tabla 50 Auditorias .....                                                                                 | 195 |
| Tabla 51 Riesgos y Oportunidades relacionados con la Calidad .....                                        | 196 |
| Tabla 52 Aseguramiento de la Calidad .....                                                                | 198 |
| Tabla 53 Listas de verificación de los entregables (producto / servicio) .....                            | 200 |
| Tabla 54 Entregables y procesos sujetos a revisión de calidad: matriz de actividades de calidad.<br>..... | 202 |
| Tabla 55 Estructura de Desagregación de Recursos (EDR).....                                               | 204 |
| Tabla 56 Diagrama RASCI.....                                                                              | 205 |
| Tabla 57 Plan de Capacitación y Desarrollo del Equipo .....                                               | 207 |
| Tabla 58 Esquema de contratación y liberación del personal .....                                          | 209 |
| Tabla 59 Indicadores de Desempeño del Equipo .....                                                        | 211 |
| Tabla 60 Selección y tipificación de contratos .....                                                      | 226 |
| Tabla 61 Integración de la Sostenibilidad al Ciclo de Adquisiciones.....                                  | 231 |
| Tabla 62 Matriz de Especificaciones - Instrumento de Medición .....                                       | 240 |

### Lista De Figuras

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1 Descripción del Problema – Árbol de Problemas .....                                  | 19  |
| Figura 2 Descripción del Problema – Causas Directas.....                                      | 19  |
| Figura 3 Descripción del Problema – Efectos Directos.....                                     | 20  |
| Figura 4 Diagrama de premisas del Objetivo General .....                                      | 22  |
| Figura 5 Objetivos Específicos.....                                                           | 23  |
| Figura 6 Filosofía Organizacional.....                                                        | 33  |
| Figura 7 Organigrama de la Empresa .....                                                      | 33  |
| Figura 8 Tomado de: Registro Nacional de Obras Inconclusas.....                               | 48  |
| Figura 9 Materias Primas .....                                                                | 94  |
| Figura 10 Presupuesto de materia prima .....                                                  | 95  |
| Figura 11 Presupuesto De Mano De Obra .....                                                   | 97  |
| Figura 12 Comportamiento lineal Cuota .....                                                   | 99  |
| Figura 13 Total Pagado - Interés Pagado.....                                                  | 100 |
| Figura 14 Flujo de Caja.....                                                                  | 102 |
| Figura 15 Balance - Guía Construcciones Hidráulicas .....                                     | 104 |
| Figura 16 Presupuesto de caja .....                                                           | 105 |
| Figura 17 Huella de carbono - Guía Hidráulica.....                                            | 128 |
| Figura 18 Identificación y categorización de interesados – Externos.....                      | 139 |
| Figura 19 Identificación y categorización de interesados – Internos.....                      | 139 |
| Figura 20 EDT Parte 1 .....                                                                   | 155 |
| Figura 21 EDT Parte 2 .....                                                                   | 155 |
| Figura 22 EDT Parte 3 .....                                                                   | 156 |
| Figura 23 EDT Parte 4 .....                                                                   | 156 |
| Figura 24 EDT Parte 5 .....                                                                   | 157 |
| Figura 25 EDP (Estructura de Desglose de Producto) .....                                      | 158 |
| Figura 26 Flujograma de las comunicaciones (procesos de escalamiento de la información) ..... | 163 |
| Figura 27 Línea base tiempo.....                                                              | 170 |
| Figura 28 Diagrama de Red Parte 1.....                                                        | 171 |
| Figura 29 Diagrama de Red Parte 2.....                                                        | 171 |
| Figura 30 Diagrama de Red Parte 3.....                                                        | 171 |

|                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 31 Diagrama de Gantt Parte 1 .....                                                          | 173 |
| Figura 32 Diagrama de Gantt Parte 2 .....                                                          | 173 |
| Figura 33 Ruta Crítica .....                                                                       | 176 |
| Figura 34 Uso de recursos .....                                                                    | 177 |
| Figura 35 Línea base de Costos .....                                                               | 179 |
| Figura 36 Presupuesto por fases y Actividades del Proyecto .....                                   | 181 |
| Figura 37 Informe de horas Extra del valor Acumulado 1 .....                                       | 186 |
| Figura 38 Informe de horas Extra del valor Acumulado 2 .....                                       | 186 |
| Figura 39 Diagrama Ishikawa .....                                                                  | 191 |
| Figura 40 Histograma y horario de recursos .....                                                   | 207 |
| Figura 41 Habilidades de poder .....                                                               | 213 |
| Figura 42 Identificación de riesgos y determinación de umbral .....                                | 214 |
| Figura 43 Matriz D.O.F.A. ....                                                                     | 214 |
| Figura 44 Risk Breakdown Structure -RiBS.....                                                      | 216 |
| Figura 45 Matriz probabilidad – impacto.....                                                       | 217 |
| Figura 46 Matriz probabilidad – impacto.....                                                       | 217 |
| Figura 47 Clasificar los riesgos RBS .....                                                         | 218 |
| Figura 48 Análisis Cualitativo de los riesgos .....                                                | 218 |
| Figura 49 Análisis Cualitativo de los riesgos .....                                                | 219 |
| Figura 50 Análisis Cuantitativo de los riesgos .....                                               | 219 |
| Figura 51 HEATMAP - Mapa de calor de los riesgos .....                                             | 220 |
| Figura 52 Cálculo del valor Económico .....                                                        | 220 |
| Figura 53 Cálculo del valor Económico .....                                                        | 221 |
| Figura 54 Cálculo del valor Económico - Análisis Cuantitativo de los Riesgos → Amenazas ..         | 221 |
| Figura 55 Cálculo del valor Económico - Análisis Cuantitativo de los Riesgos → Oportunidades ..... | 221 |
| Figura 56 Matriz de riesgos 1 .....                                                                | 222 |
| Figura 57 Matriz de riesgos 2.....                                                                 | 222 |
| Figura 58 Matriz de riesgos 3.....                                                                 | 222 |
| Figura 59 Planificar la respuesta a los riesgos .....                                              | 223 |
| Figura 60 Estrategia Plan De Respuesta .....                                                       | 224 |
| Figura 61 Estrategia → Plan de Acción o de Respuesta .....                                         | 224 |
| Figura 62 Monitoreo → Frecuencia de Monitoreo .....                                                | 224 |

### Lista de apéndices

|                                                                                                                                                           |                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
|  Anexo 1 Planteamiento del Problema_1 Árbol de Problemas .....         | 18                                  |
|  Anexo 2 Planteamiento del Problema_2 Árbol de Objetivos ..            | <b>Error! Marcador no definido.</b> |
|  Anexo 3 Población y muestra – Resultados Encuesta .....               | 59                                  |
|  Anexo 4 Estudio Financiero .....                                      | 109                                 |
|  Anexo 5 Estudio Social Y Ambiental .....                              | 130                                 |
|  Anexo 6 Matriz Interesados Clave .....                                | 143                                 |
|  Anexo 7 Matriz Dependencia e Influencia .....                         | 145                                 |
|  Anexo 8 Clasificación y documentación de requisitos del proyecto..... | 151                                 |
|  Anexo 9 Matriz de Trazabilidad de Requisitos .....                    | 152                                 |
|  Anexo 10 EDT/WBS .....                                                | 154                                 |

|                                                                                     |                                                                          |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----|
|    | Anexo 11 EDP (Estructura de Desglose de Producto) .....                  | 159 |
|    | Anexo 12 Estrategias De Comunicación Con Las Partes Interesadas .....    | 162 |
|    | Anexo 13 Diagrama PERT .....                                             | 169 |
|    | Anexo 14 Diagrama de Red .....                                           | 172 |
|    | Anexo 15 Cronograma – Diagrama de Gantt .....                            | 172 |
|    | Anexo 16 Cronograma actividades Project .....                            | 175 |
|    | Anexo 17 Nivelación de recursos y uso de recursos .....                  | 178 |
|    | Anexo 18 Aplicación técnica del valor ganado con curvas S avance .....   | 187 |
|    | Anexo 19 Especificaciones técnicas de requerimientos .....               | 190 |
|    | Anexo 20 Herramientas de control de la calidad Diagrama Ishikawa .....   | 191 |
|    | Anexo 21 Formato Inspecciones con base en las actividades.....           | 194 |
|    | Anexo 22 Auditorias.....                                                 | 195 |
|    | Anexo 23 Riesgos y Oportunidades relacionados con la Calidad.....        | 198 |
|    | Anexo 24 Estructura de Desagregación de Recursos (EDR) .....             | 204 |
|   | Anexo 25 Diagrama RASCI .....                                            | 206 |
|  | Anexo 26 Plan de Capacitación y Desarrollo del Equipo.....               | 208 |
|  | Anexo 27 Esquema de contratación y liberación del personal .....         | 210 |
|  | Anexo 28 Indicadores de Desempeño del Equipo.....                        | 211 |
|  | Anexo 29 Análisis de riesgos del proyecto .....                          | 224 |
|  | Anexo 30 Selección y tipificación de contratos .....                     | 227 |
|  | Anexo 31 Integración de la Sostenibilidad al Ciclo de Adquisiciones..... | 231 |

Se adjunta el enlace para acceder a la carpeta compartida con el listado de anexos

- Alternativa 1 → Anexos
- Alternativa 2→ Anexos

## INTRODUCCIÓN

El proyecto que se propone desarrollar y elaborar para dar cumplimiento al propósito académico de la Maestría en Gerencia de Proyectos, inicialmente presenta un enfoque de investigación explicativa de acuerdo con los temas centrales a desarrollar, la información secundaria que se requiere recolectar y el planteamiento de recolección del insumo para trabajar. Lo anterior de cara al propósito de mejorar la práctica del desarrollo de obras civiles hidráulicas y de infraestructura a partir de la implementación de herramientas que centralicen los elementos de mayor relevancia como tiempo, calidad, costos y alcance.

La gestión coordinada de proyectos de obra civil que, por su compleja planificación y ejecución en campo, se ha convertido en uno de los mayores retos a lo largo de los últimos años, por la búsqueda de un equilibrio de variables como cumplimiento de cronograma de actividades, control y costos de materiales, decisiones administrativas y gestión de calidad, requiere de un detallado seguimiento, el cual se ajusta a los lineamientos PMI.(Hodge, 2018)

El PMI proporciona un enfoque claro y organizado para gestionar proyectos, lo que resulta fundamental para asegurar que estos se completen de manera efectiva, respetando tanto el cronograma como el presupuesto, con miras a la consecución de objetivos gestionando los recursos de manera eficaz contemplando los posibles riesgos (CIFUENTES, 2016). Desde el diseño inicial hasta la fase final de ejecución, el PMI presenta cobertura generalizada en sus cuarenta y nueve procesos.(CASTILLO, 2020)

EL PMI en la ingeniería no solo optimiza la gestión de recursos, sino que también mejora la calidad de los resultados finales. La relevancia que cobra el PMI en la ingeniería permite identificar y mitigar riesgos desde el principio y contemplar posibles soluciones desde los administrativos que se traduzca en su ejecución operativa, lo cual aumenta la probabilidad de éxito del proyecto. (Ramírez, 2020)

## **1. PLANTEAMIENTO INICIAL DEL PROYECTO**

### **1.1 Antecedentes**

#### **1.1.1. Antecedentes del Problema, Necesidad u Oportunidad**

En el ámbito de la ingeniería civil, la línea de aguas e hidráulica es de impacto mundial, debido al uso, manejo y aprovechamiento del recurso máspreciado del planeta, la gestión de proyectos tiene un papel decisivo debido a la complejidad y magnitud de los proyectos relacionados con el manejo de este, como presas, sistemas de riego y plantas de tratamiento, alcantarillados y acueductos. (CIFUENTES, 2016)

Es así como la ingeniería civil y la ejecución constructiva de las obras civiles hidráulicas, cuentan con precedente no muy alentador acerca del cumplimiento y finalización de las obras contratadas. Este fenómeno operativo se deriva, en gran parte, a la ausencia de una adecuada planeación para la planificación, ejecución y seguimiento del cronograma de actividades, lo que conlleva a un desarrollo desordenado y caótico.

En el entorno profesional de constante evolución, identificar, desarrollar y potencializar la incorporación de metodologías y tecnologías que logre optimizar los procesos administrativos se hace de completa relevancia para el éxito de este. Desde la planificación y la organización de los recursos de manera eficiente, se asegura que los proyectos se completen a tiempo y dentro del presupuesto previsto.

Es por lo que la implementación de la metodología PMI cobra una relevancia dentro del ámbito de la ingeniería civil con la mejora en los procesos de comunicación entre los diferentes equipos y grupos de interés, lo que facilita la identificación y resolución de problemas al interior de la gestión administrativa. De forma paralela las herramientas PMI ayudan a contemplar los riesgos de planeación y ejecución, anticipando posibles obstáculos y desarrollando estrategias de mitigación.

Con la implementación metodológica de los lineamientos gerenciales que ofrece el PMI orientados a la coordinación de etapas dentro del proyecto, se contribuye con la calidad del producto final, ya que esta apunta al cumplimiento de los objetivos estratégicos, estándares de calidad y de más requerimientos de interés financiero y de satisfacción del cliente que orbitan alrededor de la implementación ordenada de un cronograma de actividades ajustado.

La incorporación de las nuevas tecnologías, de métodos vanguardistas y de profesionales competentes e idóneo se ha convertido en una prioridad para el éxito individual y

organizacional, de cara a la consecución de objetivos puntuales. Es por esto que se elabora este documento con base las premisas administrativas que dicta la Gerencia de Proyecto orientado a la coordinación metodológica para el diseño de construcciones hidráulicas de abastecimiento en una población definida. (Mazuera, n.d.)

Como antecedente puntual hacemos referencia en un caso de estudio de mala práctica de gerencia y administración en obras hidráulicas con el proyecto DESARENADOR SISTEMA DE RIEGO CANAL VILLAVECES ESPINAL-TOLIMA. El cual sus falencias presentan los siguientes antecedentes; Causas: Falta de planificación - Comunicación con comunidad - Definición de actividades. Problemas: Paralelismo en ejecución con la base central del proyecto - Retrasos y sobrecostos en ingreso de materiales - Desacuerdos con comunidad afectada. Consecuencias: Gastos adicionales - Modificaciones contractuales - Denuncias públicas.

Se pretende mostrar las ventajas que ofrece la metodología de Project Management en la optimización de procesos, en el control y seguimiento de este, desde la perspectiva de las áreas del conocimiento y la interacción de la triple restricción extendida con el contexto administrativo y operativo.

### **1.1.2. Descripción del problema (Problema de Negocio) - Árbol de problemas**

En el ámbito de la gestión de proyectos, particularmente en obras civiles hidráulicas e infraestructura, la descripción del problema se conforma como un ejercicio analítico esencial que va más allá de enunciar los casos de incumplimientos que surgen en el país con los contratos firmados. Se trata de una descripción secuencial de disfunciones que aquejan la ejecución de obras, donde el "problema de negocio" emerge como el núcleo de ineficiencias que comprometen la viabilidad ejecutoria de los cronogramas de obra. En este contexto, el árbol de problemas actúa como una herramienta visual y jerárquica que desglosa este núcleo en causas raíz y efectos colaterales, permitiendo identificar las interconexiones complejas asociadas al problema central las causas directas, indirectas y los efectos directos e indirectos. Con base en metodologías de planificación estratégica, este enfoque transforma un caos aparente en una estructura real de ejecución: la raíz representa el problema central —como la ineficaz optimización del cronograma de actividades—, las ramas inferiores detallan causas directas e indirectas (tales como la falta de planificación inicial o la subestimación de tiempos), y las superiores delinean impactos adversos (desde retrasos en la ejecución hasta la disminución de calidad operativa).

En un proyecto de canalización hidráulica en una zona urbana: la raíz podría ser la desalineación crónica entre el cronograma proyectado y la realidad del sitio, motivada por causas como sobreasignaciones de recursos humanos o incompatibilidades entre etapas de diseño y construcción. A su vez, derivan de problemas indirectos, como tomas de decisiones erradas por datos incompletos o cambios frecuentes en el alcance generados por presiones externas. Los efectos se ramifican hacia arriba: aumentos descontrolados en costos, problemas de comunicación que impactan de forma severa la confianza del equipo, y riesgos de seguridad que no solo amenazan vidas sino también la reputación del constructor. En este círculo, la baja calidad operativa no es un incidente aislado, sino una consecuencia de la cadena, que a su vez agrava la insatisfacción del cliente y genera impactos ambientales no previstos, como daños colaterales durante fases, cuyo intervalo de ejecución es diferente de acuerdo con el proyecto emprendido.

La relevancia de esta descripción y del árbol de problemas para el desarrollo de una guía de buenas prácticas en la ejecución y optimización del cronograma de actividades radica en la capacidad para sugerir intervenciones preventivas. En el contexto generalizado, este análisis no es un prólogo preliminar, sino el andamiaje conceptual que justifica la necesidad de generar un compendio técnico administrativo que logre guiar y contemplar posibles variables susceptibles dentro del cronograma de actividades. Al exponer cómo la falta de planificación propaga retrasos y eleva costos —a menudo en un 20-30% según estudios sectoriales—, el árbol muestra brechas específicas que la guía busca identificar y atacar: protocolos para mitigar riesgos de seguridad mediante cronogramas flexibles, estrategias de comunicación que eviten incompatibilidades entre etapas, y métricas para contrarrestar la subestimación de tiempos con la incorporación de holguras. De este modo, este planteamiento no solo diagnostica, sino que propone un marco accionable que eleva la madurez gerencial en un sector donde los márgenes de error son estrechos y los riesgos son altísimos.

Dentro del ciclo de vida de un proyecto de obras civiles e infraestructura —que abarca fases de iniciación, planificación, ejecución, monitoreo y cierre—, el impacto del problema de negocio es multifacético. En la iniciación, una descripción deficiente del problema puede llevar a alcances mal definidos, creando incertidumbre de cambios posteriores que desestabilizan todo el proceso. Durante la planificación, la omisión de causas como la sobreasignación genera cronogramas irreales que involucran cambios en recurso humano y su articulación con las actividades a desarrollar, que en ejecución se traducen en retrasos acumulativos: un obstáculo en la fase de movimiento de tierras, por ejemplo, no solo incrementa costos por mano de obra, sino que expone vulnerabilidades de seguridad, como excavaciones inestables bajo lluvias

imprevistas. El monitoreo, entonces, se convierte en un ejercicio de suma relevancia, donde problemas de comunicación agravan tomas de decisiones erradas, perpetuando una disminución de calidad que afecta la conclusión de la actividad y el desarrollo de sus dependientes: entregas tardías erosionan la satisfacción del cliente, mientras impactos ambientales —como alteraciones del aire con la presencia de emisiones de Co2— generan litigios o sanciones regulatorias.

Este enfoque revela que los proyectos no fallan por eventos aislados, sino por dinámicas sistémicas que el árbol de problemas describe con un énfasis holístico. Para obras hidráulicas, donde el agua impone ritmos impredecibles y la infraestructura demanda precisión milimétrica, ignorar esta herramienta equivale a planear y ejecutar al tanteo. La guía y su documento soporte, al integrar este análisis, no solo contribuye al conocimiento académico, sino que instruye a gerentes con un lente para identificar, anticipar y neutralizar estas contingencias, asegurando que los cronogramas no sean meras proyecciones, sino proyecciones sustentables, rentables y ejecutables.

- **Planteamiento del Problema**

El planteamiento del problema constituye el eje central inicial de cualquier investigación rigurosa, donde se expone con total detalle la brecha existente entre el estado deseado o ideal y la realidad observable en un contexto específico que, para este caso, es necesariamente con un enfoque administrativo a lo operativo. En gestión de proyectos, no se limita a describir novedades o inconsistencias superficiales, sino que desentraña las dinámicas subyacentes que afectan el rendimiento, como ocurre en obras civiles hidráulicas y de infraestructura. Aquí, se configura como un diagnóstico primario que identifica el núcleo conflictivo —la ineficiente ejecución y optimización del cronograma de actividades— y lo contextualiza con evidencias comprobables y sustentables que se derivan en incumplimiento en tiempo que se traduce sobrecostos, revelando cómo factores como la falta de planificación inicial o la subestimación de tiempos desencadena una cascada de complicaciones. Un claro ejemplo es un embalse de contención donde la incompatibilidad entre etapas de diseño y construcción no es un mero tropiezo, sino una cadena de retrasos que, por sí solos, pueden extender plazos en meses y disparar presupuestos en porcentajes alarmantes o, en el peor de los casos, convertirse en obras abandonadas conocidas como “elefantes blancos”

El documento: Guía de Buenas Prácticas en la Ejecución y Optimización del Cronograma de Actividades en Proyectos de Obras Civiles Hidráulicas y de Infraestructura, adquiere un rol pivotal al anclar la propuesta en una problemática tangible y sectorial. Al

documentar cómo elementos esenciales dentro de la planificación minan la baja calidad operativa y elevan riesgos de seguridad —desde colapsos en excavaciones hasta exposiciones en sitios inundables—, el planteamiento valida la priorización de intervenciones estructuradas, destacando la tesis como un compendio o herramienta transformadora para gerentes que navegan entornos volátiles.

Su incidencia en el ciclo de vida del proyecto es omnipresente, haciendo presencia desde la concepción hasta la entrega final. En la fase de iniciación, un planteamiento deficiente propaga alcances ambiguos que, en planificación, traducen en cronogramas frágiles sensibles a impactos ambientales imprevistos, como alteraciones en costos que ponen en riesgo la calidad. La ejecución sufre un impacto directo: retrasos por incompatibilidades generan aumentos de costos y disminución de calidad, mientras riesgos de seguridad se agudizan en escenarios con aceleración de tiempos de entrega, comprometiendo vidas y normativas.

Durante el monitoreo, la insatisfacción del cliente se enquistaba por comunicaciones fallidas y reportes inertes y carentes de credibilidad, y en el cierre, deja legados de litigios o reprocesos. En obras hidráulicas, donde el tiempo es dictado por estaciones y regulaciones estrictas, este problema no solo compromete recursos, sino que socava la sostenibilidad integral, dándonos a conocer que un cronograma mal planteado no es error técnico, sino fracaso estratégico que repercute en economías locales y ecosistemas frágiles.

Del contexto anterior, se plantea el problema con base a la relación de causas y efectos directos e indirectos contemplados en el desarrollo del proyecto y desde la parte técnica cómo las herramientas de los estándares internacionales PMI y PMAJ tienen la capacidad de mejorar la gestión del cronograma de actividades administrativas y operativas de los proyectos de obra civil hidráulica y de infraestructura.

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 1 Planteamiento del Problema\_1 Árbol de Problemas

PROBLEMÁTICA (ÁRBOL DE PROBLEMAS)

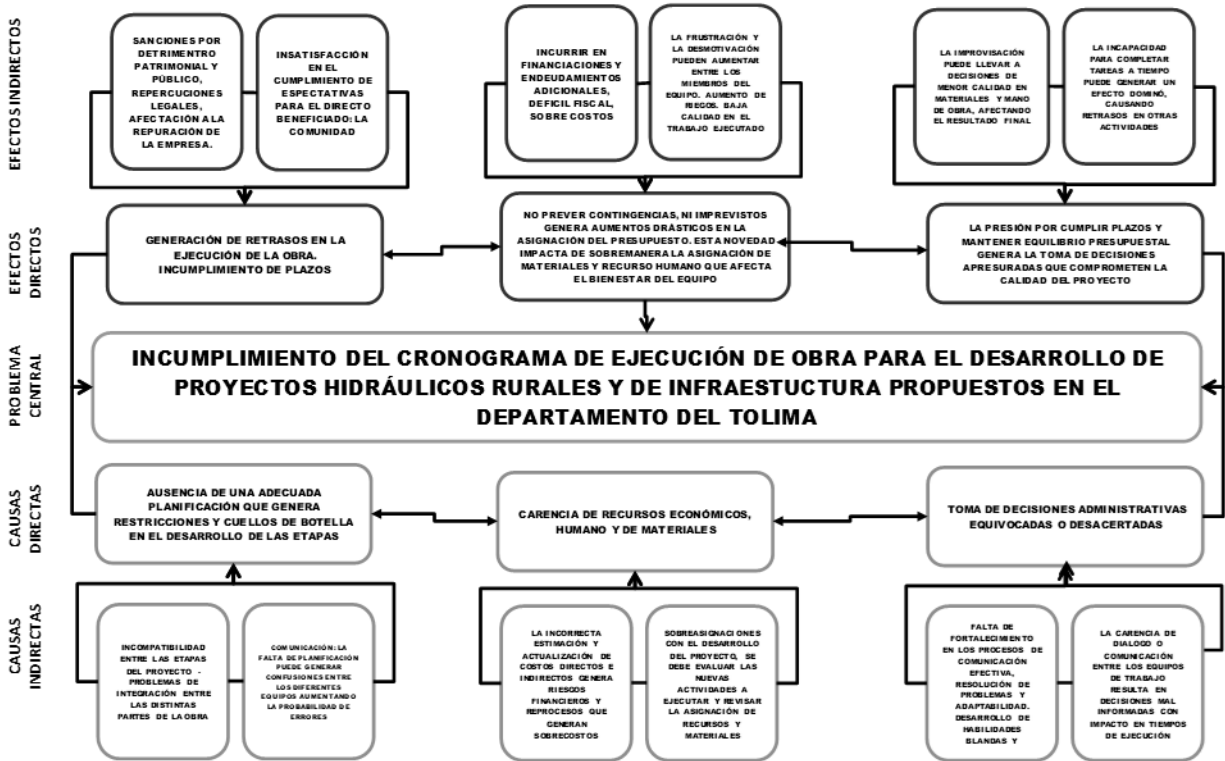


Figura 1 Descripción del Problema – Árbol de Problemas  
Fuente: Elaboración Propia

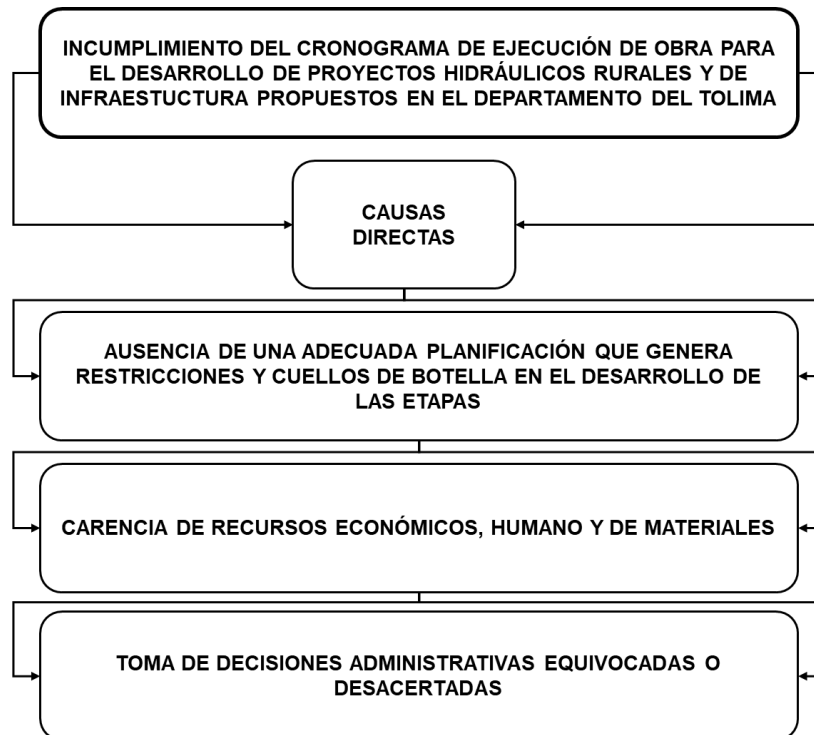


Figura 2 Descripción del Problema – Causas Directas  
Fuente: Elaboración Propia

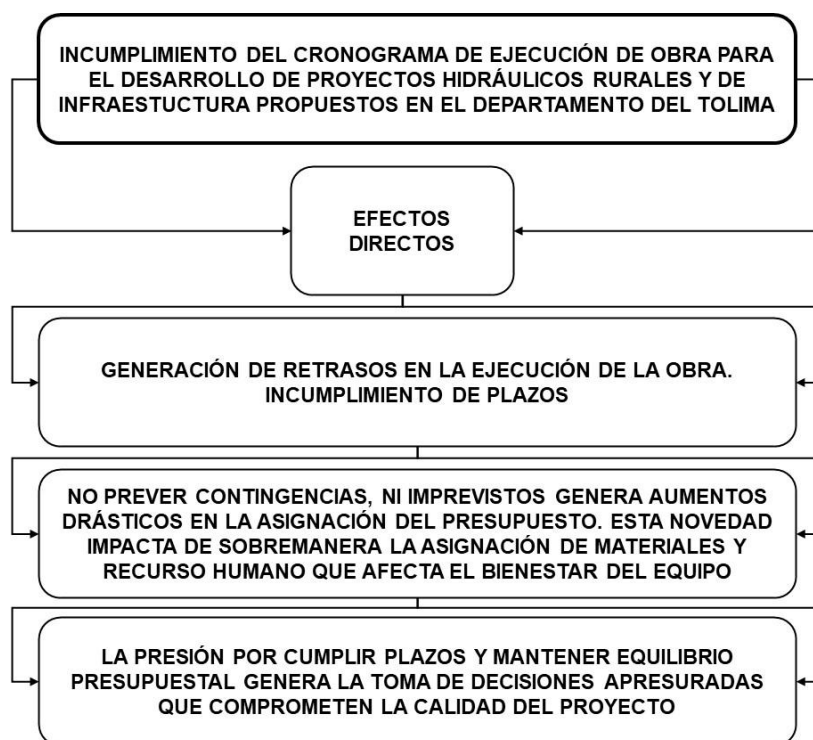


Figura 3 Descripción del Problema – Efectos Directos  
Fuente: Elaboración Propia

Dentro de los efectos indirectos se describen, a continuación, los considerados como resultado de las causas y efectos directos.

### Causas Indirectas

- Incompatibilidad entre las etapas del proyecto - problemas de integración entre las distintas partes de la obra
- Comunicación: la falta de planificación puede generar confusiones entre los diferentes equipos aumentando la probabilidad de errores
- La incorrecta estimación y actualización de costos directos e indirectos genera riesgos financieros y reprocesos que generan sobrecostos
- Sobreasignaciones con el desarrollo del proyecto, se debe evaluar las nuevas actividades a ejecutar y revisar la asignación de recursos y materiales
- Falta de fortalecimiento en los procesos de comunicación efectiva, resolución de problemas y adaptabilidad. Desarrollo de habilidades blandas y técnicas.
- La carencia de dialogo o comunicación entre los equipos de trabajo resulta en decisiones mal informadas con impacto en tiempos de ejecución

## Efectos Indirectos

- Sanciones por detrimento patrimonial y público, repercusiones legales, afectación a la reputación de la empresa.
- Insatisfacción en el cumplimiento de expectativas para el directo beneficiado: la comunidad
- Incurrir en financiaciones y endeudamientos adicionales, déficit fiscal, sobre costos
- La frustración y la desmotivación pueden aumentar entre los miembros del equipo. Aumento de riegos. Baja calidad en el trabajo ejecutado
- La improvisación puede llevar a decisiones de menor calidad en materiales y mano de obra, afectando el resultado final
- La incapacidad para completar tareas a tiempo puede generar un efecto dominó, causando retrasos en otras actividades

### 1.1.3. Objetivos del Proyecto (General y Específicos) - Árbol de Objetivos

- **Objetivo General**

El objetivo general contextualiza el diseño de una guía práctica que integre las herramientas técnico-administrativas del Project Management Institute (PMI), como el Estándar de Práctica para la Programación y el método de la ruta crítica (CPM), junto con los principios de la certificación internacional de la Project Management Association of Japan (PMAJ), para fortalecer e incorporar las prácticas de gestión vanguardistas y de innovación para el cronograma en proyectos de obras civiles hidráulicas e infraestructura. Esta aproximación no solo define un marco estructurado para identificar secuencias lógicas de actividades, asignar recursos y monitorear desviaciones en tiempo real, sino que también aborda los retos inherentes a entornos dinámicos, como variaciones climáticas o limitaciones de presupuesto. Su relevancia para el desarrollo de la tesis es fundamental: proporciona el eje metodológico que transforma observaciones empíricas en recomendaciones y sugerencias accionables, alineando la investigación con estándares globales para elevar la calidad académica y la incursión en prácticas de mayor viabilidad y con resultados tangibles y profesionales. Es desde la perspectiva descrita que se formula el siguiente objetivo general

**Aplicar las herramientas técnico-administrativas que ofrece PMI y la certificación internacional PMAJ mediante la estructuración de una guía para la mejora en las**

## prácticas de gestión del cronograma de actividades en el desarrollo de obras civiles hidráulicas y de infraestructura.

En el siguiente diagrama se observa los conceptos que rodean la elaboración y constitución del objetivo generar, alineado a los objetivos específicos para la investigación en curso.

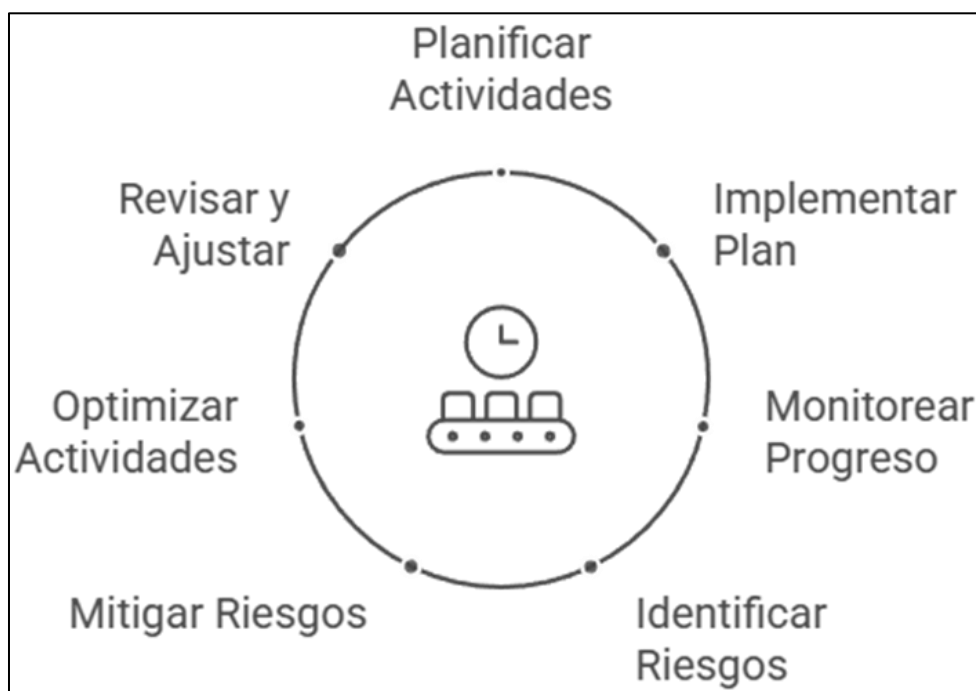


Figura 4 Diagrama de premisas del Objetivo General  
Fuente: Elaboración Propia

- **Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos se delinean dentro de un enfoque meticuloso para describir los fallos en la ejecución temporal de proyectos hidráulicos y de infraestructura, comenzando por identificar las causales raíz del incumplimiento en cronogramas —como fluctuaciones climáticas en zonas rurales, «cuellos de botella» logísticos o disputas contractuales que desvían recursos críticos— y avanzando hacia un análisis detallado de un cronograma real de obras civiles en entornos remotos, donde retrasos operativos han multiplicado plazos iniciales por factores de hasta en un 50 % adicional. Culmina en el diseño de una guía práctica que incorpora protocolos de revisión iterativa y ajustes dinámicos, adaptados a la volatilidad de estos proyectos.

Dentro del desarrollo de los objetivos específicos, se definen los tres siguientes que proporcionan el detalle acerca de las acciones concretas a desarrollar y establecen los hitos orientados a la consecución del objetivo general.

- Identificar las causales que generan el incumplimiento del cronograma de actividades de ejecución de obras civiles hidráulicas y de infraestructura.
- Diseñar una guía de prácticas de mejora en la ejecución de cronogramas de obras civiles hidráulicas y de infraestructura.

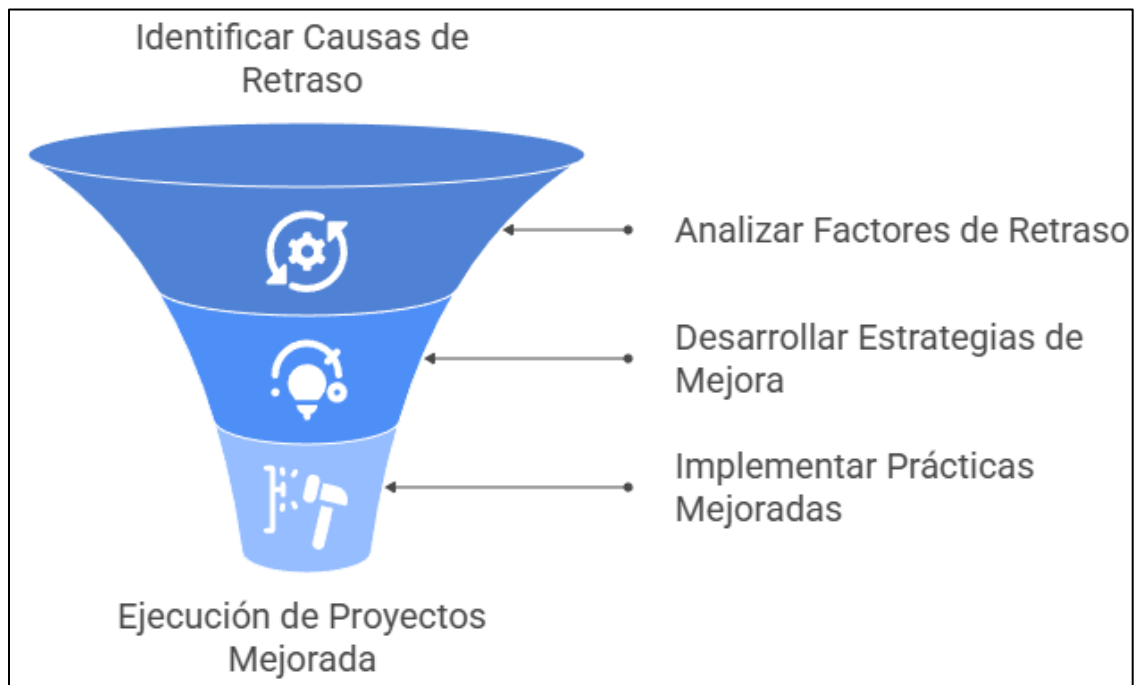


Figura 5 Objetivos Específicos  
Fuente: Elaboración Propia

#### 1.1.4. Matriz de Marco Lógico

Como referente temático y estructural de la investigación de antecedentes y el planteamiento de posibles alternativas de solución en una línea de tiempo, la matriz de marco lógico actúa como base que ordena de forma secuencial y con prospectiva, transformando visiones abstractas en escenarios verificables hacia la ejecución operativa de las obras civiles. Desde la perspectiva de las prácticas renovadas en cronogramas de obras hidráulicas, la búsqueda de una reducción de sesgos temporales por debajo del 10% y la adopción masiva de guías estandarizadas, hasta situaciones intermedias de identificación de causales raíz a los cronogramas de obra, se encuentra las fluctuaciones climáticas o cuellos logísticos que provocan incumplimientos, y los resultados tangibles que diseccionan la planeación del cronograma hasta el punto de generar retrasos operativos.

Para el caso de la guía que implementa buenas prácticas gerenciales y administrativas, esta herramienta más que un diagrama; define un enfoque jerárquico donde cada elemento, narrativas que preguntan qué se persigue a largo, mediano o específico plazo, indicadores que miden avances como el 20% de ahorro en costo-tiempo, medios de verificación que conforman informes de cierre e incidencias, y supuestos que anticipan riesgos como inestabilidades regulatorias o accesos denegados a datos históricos, se convierten en elementos de suma importancia al contemplar las causas de inconsistencias y postula alternativas de solución para minimizar los impactos que se emiten del incumplimiento de la planeación del cronograma. Es así como la matriz de marco lógico orienta de forma procedimental la guía de buenas prácticas para ejecutar y optimizar cronogramas en infraestructuras hídricas, definiendo el horizonte claro del alcance y propósito misional de ésta para la ejecución operativa de las obras civiles.

A continuación, se diligencia la matriz de marco lógico que logra plasmar de forma ejecutiva la descripción, el modo de monitoreo, medios de verificación y la presentación de supuestos, que contextualizan y articulan las causas, consecuencias y alternativas de solución a las novedades que surgen del incumplimiento del cronograma de actividades y el impacto colateral hacia las fases del proyecto y los recursos que se aplican a este.

Tabla 1

*Matriz Marco Lógico*

|                                      | <b>NARRATIVA<br/>DESCRIPTIVA</b>                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>INDICADORES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>MEDIOS DE<br/>VERIFICACIÓN</b>                                                                                                                                                                                               | <b>SUPUESTOS</b>                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>OBJETIVOS A LARGO<br/>PLAZO.</b>  | Mejorar las prácticas de gestión del cronograma en obras civiles hidráulicas y de infraestructura, aplicando herramientas PMI y PMAJ para minimizar retrasos y elevar la eficiencia operativa                                                                                             | Mejora en indicadores de costo-tiempo en un 20% con evaluaciones y monitoreos mensuales y anuales                                                                                                                                                                                      | Informes de cierre de proyectos PMI; auditorías externas de eficiencia y calidad                                                                                                                                                | Estabilidad y mejora financiera y regulatoria; disponibilidad continua de capacitación de buenas prácticas; compromiso institucional con estándares de desempeño y cumplimiento                                                              |
| <b>OBJETIVOS A MEDIANO<br/>PLAZO</b> | Identificar las causales que generan el incumplimiento del cronograma de actividades de ejecución de obras civiles hidráulicas y de infraestructura. Planear acciones preventivas de cara a la ejecución del cronograma de actividades                                                    | Número de causales identificadas (mínimo 10 por tipo: externas, organizacionales, técnicas, de gestión). Porcentaje de proyectos y fases de proyecto con planes de mitigación implementados (80%); reducción inicial de retrasos en fases de ejecución. Monitoreos mensuales y anuales | Análisis de antecedentes de actividades de obra. Juicio de expertos para la ejecución operativa. Interventoría y auditoría de actividades según procedimiento. Revisión y cortes a diagrama Gantt con análisis de valor ganado. | Acceso oportuno a datos de proyectos pasados. Cooperación de grupos de interés sin resistencias.                                                                                                                                             |
| <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>         | Analizar el contenido de un cronograma de actividades de obras civiles desarrollada en zona rural con retrasos operativos, Diseñar una guía de prácticas de mejora en la ejecución de cronogramas de obras civiles hidráulicas y de infraestructura, integrando principios de PMI y PMAJ. | Identificación de al menos 15 desviaciones clave y sus impactos cuantificados como análisis de referentes sensibles dentro del cronograma de obra. Matriz de riesgos ajustada con su respectivo planteamiento de alternativas de soluciones.                                           | Documentos de cronogramas originales y actualizados; Juicio de expertos para la ejecución operativa. Retroalimentación cuantitativa posterior al análisis de resultados tipo review y retrospectiva.                            | Asignación de personal que inspeccione el avance de los recursos y trabajos. Acceso y autorización administrativa y gubernamental para el desarrollo de visitas a campo. Condiciones climáticas normales durante visitas de reconocimiento y |

## 1.2 Descripción Organización o Comunidad Fuente del Problema, Necesidad, Oportunidad O Expectativa

### 1.2.1 Descripción General – Marco Histórico de la Organización

**FPM Ingeniería SAS** es una empresa colombiana formalmente constituida y adscrita a la Cámara de Comercio de Ibagué en el año 2019. Su creación responde a la necesidad de fortalecer la oferta regional en servicios de construcción, urbanismo y ejecución de proyectos de infraestructura, en un contexto nacional caracterizado por un déficit en vivienda, rezagos en conectividad vial y la creciente demanda de infraestructura institucional y comunitaria. Desde su fundación, la empresa se ha desempeñado en el desarrollo de contratos privados y contratos públicos, lo que le ha permitido adquirir una experiencia diversificada y posicionarse como un actor emergente en el mercado constructor de la región centro de Colombia.

El marco histórico de la organización está profundamente vinculado al contexto económico y social del país. El sector de la construcción ha sido históricamente uno de los principales motores de la economía colombiana, aportando en promedio entre un 6 % y 7 % del Producto Interno Bruto (PIB) en la última década (Camacol, 2023). En el ámbito laboral, la construcción es además uno de los sectores con mayor capacidad de absorción de mano de obra, representando cerca del 8 % del total de los ocupados a nivel nacional (DANE, 2023). En este escenario, la creación de empresas como FPM Ingeniería SAS constituye una respuesta al dinamismo del sector y a la necesidad de contar con compañías locales que puedan ejecutar proyectos tanto en entornos urbanos como rurales.

La evolución histórica de FPM Ingeniería SAS puede comprenderse en tres etapas:

**Etapas de inicio (2019–2020):** tras su constitución formal, la empresa inició operaciones en el marco de contratos privados de pequeña cuantía, principalmente en la ciudad de Ibagué. Estos proyectos estuvieron asociados a adecuaciones arquitectónicas, urbanismo menor y obras de mantenimiento, lo que permitió a la organización adquirir experiencia inicial, generar relaciones con proveedores locales y construir una reputación en el mercado regional.

**Etapas de expansión hacia el sector público (2020–2022):** la empresa diversificó su portafolio participando en procesos contractuales del Estado. Durante este periodo, FPM

Ingeniería SAS ejecutó obras comunitarias, proyectos de mantenimiento vial y adecuaciones en instituciones públicas. Este paso resultó fundamental para consolidar su reconocimiento ante las entidades gubernamentales, al tiempo que le permitió acceder a mayores volúmenes de recursos y complejidad en los proyectos.

Etapa de modernización y proyección (2023 en adelante): la empresa inició un proceso de fortalecimiento institucional adoptando metodologías modernas de gestión de proyectos, inspiradas en estándares internacionales como el PMI (2021) y la filosofía japonesa P2M (2017). Este proceso busca garantizar la optimización en la planeación de cronogramas, la eficiencia en el uso de presupuestos y la incorporación de herramientas digitales para el seguimiento de avances y la gestión de riesgos.

El marco histórico también debe analizarse en relación con los retos estructurales del sector de la construcción en Colombia. Entre ellos se destacan la alta informalidad laboral, que afecta la productividad y la seguridad en obra; la volatilidad en los precios de insumos estratégicos como el acero y el cemento, cuyo comportamiento depende en gran medida de variables internacionales; y las limitaciones en infraestructura vial y logística, que encarecen el transporte de materiales y equipos hacia zonas apartadas (DNP, 2023). FPM Ingeniería SAS, pese a ser una empresa emergente, ha diseñado estrategias de mitigación frente a estas dificultades, como el fortalecimiento de alianzas con proveedores locales, la capacitación de su personal operativo en normas de seguridad y la incorporación de procesos de control presupuestal con base en el método de Valor Ganado (EVM).

En conclusión, el marco histórico de FPM Ingeniería SAS refleja la trayectoria de una empresa constructora joven que, en menos de una década, ha logrado consolidarse como un actor relevante en el departamento del Tolima y en el centro de Colombia. Su historia evidencia una transición desde proyectos de mínima cuantía hacia obras de mayor envergadura, lo que se ha visto acompañado de un proceso progresivo de modernización administrativa y técnica. De esta forma, la organización no solo responde a las demandas inmediatas del sector, sino que también se proyecta como una compañía con capacidad de competir en licitaciones más complejas, aportando al desarrollo económico y social de la región.

## 1.2.2 Direccionamiento Estratégico de la Organización

### • Objetivos Estratégicos de la Organización

Los objetivos estratégicos de FPM Ingeniería SAS se derivan directamente de su misión y visión, y buscan consolidar un crecimiento sostenido:

- Ampliar la participación en el sector público: fortalecer la capacidad técnica y administrativa para competir en licitaciones de mediana cuantía, garantizando transparencia y cumplimiento.
- Diversificar el portafolio de servicios: expandirse hacia proyectos de vivienda, urbanismo, infraestructura comunitaria y edificaciones institucionales.
- Optimizar la gestión de proyectos: implementar herramientas como el método del Valor Ganado (EVM), BIM y Lean Construction para mejorar la productividad y reducir costos.
- Promover la sostenibilidad: integrar prácticas de construcción sostenible, priorizando el uso eficiente de materiales, la reducción de emisiones y la gestión responsable de residuos.
- Fortalecer el talento humano: desarrollar programas de capacitación continua en normas técnicas, seguridad laboral y metodologías de gestión de proyectos bajo PMI y P2M.
- Consolidar relaciones con clientes y proveedores: construir alianzas estratégicas que permitan mejorar la cadena de suministro y garantizar la calidad de los insumos y servicios contratados.

### • Políticas Institucionales

#### Alineación con Estándares Internacionales

El direccionamiento estratégico de la organización no solo responde a necesidades internas, sino que también se alinea con tendencias internacionales de gestión de proyectos. En este sentido, la guía PMBOK® SÉPTIMA EDICIÓN del PMI (2021) resalta la importancia de la integración entre alcance, tiempo y costo, mientras que el modelo P2M (2017) enfatiza la capacidad de innovación y la generación de valor organizacional a través de los proyectos. FPM Ingeniería SAS integra estos enfoques para responder a las exigencias del mercado

colombiano, caracterizado por la alta competencia y la creciente supervisión estatal en la ejecución de obras públicas.

### **1.2.3 Estructura Organizacional**

La estructura organizacional de FPM Ingeniería SAS constituye un factor determinante para su capacidad de ejecución, control y sostenibilidad. En el sector de la construcción, donde confluyen múltiples actores y disciplinas técnicas, la forma en que se organiza el talento humano y se distribuyen las responsabilidades tiene un impacto directo en la eficiencia, los costos y la calidad final del proyecto (PMI, 2021). Desde su constitución en 2019 y con su inscripción en la Cámara de Comercio de Ibagué, la empresa ha diseñado una estructura que combina jerarquías claras, flexibilidad operativa y orientación a resultados, lo que le permite adaptarse tanto a contratos privados de pequeña escala como a contratos públicos de mayor complejidad.

#### **Modelo Jerárquico Funcional**

La organización se estructura bajo un modelo jerárquico funcional, que responde a la necesidad de una empresa emergente de contar con líneas claras de autoridad, pero a su vez con capacidad de adaptarse a proyectos de diferente naturaleza. Este modelo asegura que cada área cumpla funciones específicas, sin perder la coordinación global. Las principales áreas son:

#### **Gerencia General**

Máxima instancia de decisión estratégica, encargada de la dirección empresarial, planeación de inversiones, relacionamiento institucional y supervisión del cumplimiento de la misión y visión. La gerencia es responsable de la toma de decisiones críticas sobre la participación en licitaciones públicas, la asignación de recursos y la evaluación de riesgos financieros.

#### **Área Técnica**

Liderada por un ingeniero residente o director técnico, es responsable de la planeación y ejecución de las actividades constructivas. Aquí se articulan los maestros de obra, oficiales y ayudantes, quienes garantizan el cumplimiento físico de las metas. Esta área se vincula

directamente con la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT), permitiendo que las actividades se asignen con claridad y trazabilidad.

### **Área Administrativa y Financiera**

Se encarga de la gestión contractual, el control presupuestal, la contabilidad y la relación con proveedores. Su rol es estratégico, ya que asegura la liquidez necesaria para la ejecución de los proyectos, el cumplimiento de obligaciones tributarias y laborales, y la transparencia frente a entes de control, especialmente en contratos públicos.

### **Área de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)**

En cumplimiento de la Ley 1562 de 2012, esta área se centra en prevenir riesgos laborales y garantizar el bienestar de los trabajadores. En la construcción, un sector con altos índices de accidentalidad, este componente organizacional es crítico no solo para el cumplimiento normativo, sino también para la productividad.

### **Apoyo Operativo**

Compuesto por oficiales de obra, ayudantes y demás personal de campo. Representa la fuerza ejecutora que materializa los diseños y cronogramas. La productividad de esta base operativa depende en gran medida de la adecuada capacitación y supervisión del personal, así como de la eficiencia de la organización interna.

### **Alineación con Metodologías de Gestión de Proyectos**

La estructura de FPM Ingeniería SAS no se limita a un organigrama formal, sino que integra herramientas de gestión modernas para garantizar el control y la eficiencia. Entre ellas destacan:

#### **Matriz RACI (Responsible, Accountable, Consulted, Informed)**

Utilizada para clarificar roles y responsabilidades en cada fase del proyecto, evitando duplicidades o vacíos en la toma de decisiones.

#### **Integración con la EDT (Estructura de Desglose del Trabajo)**

Que permite relacionar actividades específicas con responsables identificados en la organización.

### **Metodología PMI (2021)**

Que orienta la integración de alcance, tiempo, costo y calidad en cada área de la estructura.

### **Enfoque P2M (2017)**

Que enfatiza la innovación organizacional y el desarrollo de capacidades a largo plazo, permitiendo que la empresa evolucione hacia estructuras más robustas sin perder flexibilidad.

### **Flexibilidad para Contratos Públicos y Privados**

Un rasgo diferenciador de la estructura de FPM Ingeniería SAS es su capacidad de adaptarse según el tipo de contrato. En proyectos privados, donde prima la eficiencia en plazos y acabados, la organización se centra en optimizar recursos y tiempos de entrega. En proyectos públicos, la estructura se ajusta para cumplir con requisitos adicionales de interventoría, auditoría y entes de control, reforzando el área administrativa y de SST. Esta flexibilidad asegura que la empresa pueda operar en ambos escenarios sin comprometer la calidad o la transparencia.

### **Retos y Oportunidades**

La estructura actual enfrenta retos relacionados con la informalidad laboral en el sector, la necesidad de mayor tecnificación del personal operativo y la integración de tecnologías digitales para la gestión en tiempo real. No obstante, también abre oportunidades para que FPM Ingeniería SAS se posicione como una empresa moderna que combina la agilidad de un actor emergente con prácticas organizacionales propias de compañías consolidadas.

- **Misión, Visión y Valores**

Dando reconocimiento a la importancia que constituye el proyecto de grado en la implementación de las herramientas académicas orientadas a liderar proyectos de obra entre otros, se establece la siguiente misión que implica entender el propósito de dotar a los

estudiantes con herramientas avanzadas para planificar, ejecutar y controlar proyectos, enfrentando desafíos como riesgos técnicos, restricciones ambientales y demandas sociales en un enfoque integral que combina teoría, práctica y estándares internacionales como el PMBOK en su séptima edición.

- **Misión** → La misión de **FPM Ingeniería SAS** es ejecutar proyectos de construcción e infraestructura con altos estándares de calidad, seguridad y sostenibilidad, generando confianza en clientes públicos y privados, y aportando al desarrollo urbano y social del país.

Este enunciado refleja el compromiso de la empresa con la excelencia técnica, el cumplimiento contractual y la responsabilidad social, tres aspectos fundamentales en la construcción contemporánea

La visión radica en considerar la aspiración futura para formar líderes innovadores capaces de transformar el panorama de la infraestructura mediante una gestión estratégica y eficiente. Esta visión implica comprender su compromiso con el desarrollo de competencias avanzadas para abordar desafíos complejos, como la optimización de recursos y la mitigación de riesgos. Es por esto que se ha considerado la siguiente visión de proyecto.

- **Visión**→ La visión de la empresa es posicionarse para el año 2030 como una compañía constructora de referencia en el centro del país, reconocida por su capacidad de innovación y eficiencia en la ejecución de proyectos, mediante la aplicación de metodologías modernas de gestión de proyectos y criterios de sostenibilidad.

Esta visión se alinea con la necesidad del sector colombiano de avanzar hacia un modelo más productivo, menos informal y con mayor integración de tecnologías digitales como BIM (Building Information Modeling).

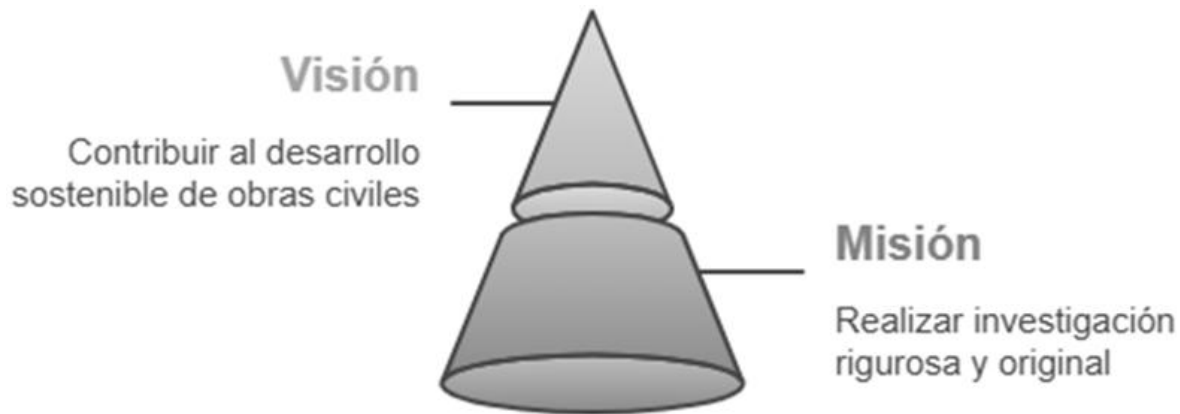


Figura 6 Filosofía Organizacional  
Fuente: Elaboración Propia

- **Mapa Estratégico**

Se presenta a continuación el organigrama de la organización y el mapa estratégico donde se refiere la filosofía organizacional, que sirve de base para los definir los objetivos estratégicos, estrategia y objetivos estratégicos de la organización.

## FPM INGENIERIA SAS

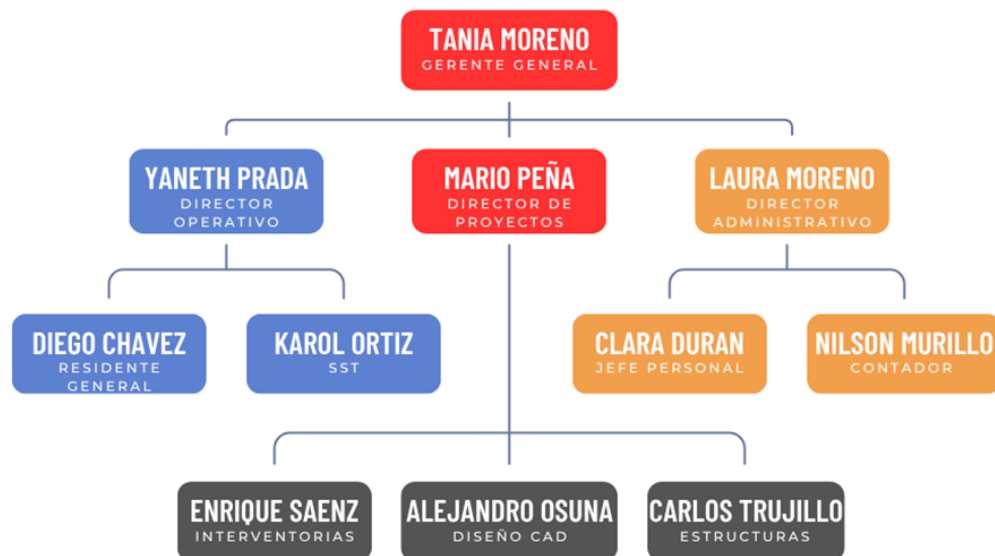


Figura 7 Organigrama de la Empresa  
Fuente: Elaboración Propia

## 1.3 Caso de Negocio (Business Case)

### 1.3.1 Descripción de Alternativas

El análisis de alternativas constituye una parte fundamenta en la formulación de un caso de negocio, dado que permite identificar las diferentes opciones disponibles para resolver un problema, atender una necesidad o aprovechar una oportunidad. En el caso de FPM Ingeniería SAS, empresa adscrita a la Cámara de Comercio de Ibagué desde 2019 y dedicada a la ejecución de proyectos de construcción en los sectores público y privado, la necesidad principal es **fortalecer su capacidad competitiva** y de gestión en un entorno caracterizado por la alta demanda de infraestructura, la presión sobre costos y los estrictos requisitos de cumplimiento contractual.

Dentro de este contexto, se identifican tres alternativas estratégicas que la empresa podría adoptar para garantizar sostenibilidad y crecimiento en el corto y mediano plazo:

- **Alternativa 1: Continuidad con el Modelo Actual de Gestión**

Esta opción consiste en mantener el modelo operativo vigente, basado en un esquema jerárquico funcional y con procesos administrativos y técnicos propios de empresas emergentes del sector constructor en Colombia. Si bien esta alternativa ofrece bajo costo de implementación y evita interrupciones en la operación, también limita la competitividad frente a empresas de mayor tamaño que ya aplican metodologías avanzadas como BIM, Lean Construction o gestión del Valor Ganado. La principal desventaja de esta opción radica en el riesgo de rezagarse en licitaciones públicas de mediana y gran cuantía, donde los estándares de planeación y control son cada vez más exigentes (Colombia Compra Eficiente, 2022).

- **Alternativa 2: Adopción Progresiva de Metodologías de Gestión de Proyectos (PMI + P2M)**

Esta alternativa plantea una transición hacia la incorporación gradual de metodologías estandarizadas de gestión de proyectos, en particular las propuestas por el Project Management Institute (PMI, 2021) y la guía japonesa P2M (PMAJ, 2017). Implica el rediseño parcial de procesos internos, la capacitación del personal y la integración de herramientas de control como el método del Valor Ganado (EVM) y la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT). Su implementación progresiva permite equilibrar costos de capacitación con beneficios en eficiencia y transparencia. La ventaja principal radica en que posiciona a FPM Ingeniería

SAS como una empresa competitiva en el mercado regional y nacional, sin requerir una transformación abrupta de su estructura.

- **Alternativa 3: Transformación Digital y Adopción Integral de Tecnologías Avanzadas**

Esta alternativa implica una modernización radical mediante la implementación de tecnologías como Building Information Modeling (BIM), softwares de control de obra en tiempo real y metodologías ágiles de gestión. Su ejecución requeriría inversiones significativas en infraestructura tecnológica, licencias de software y formación del personal, lo que supone un riesgo financiero para una empresa joven como FPM Ingeniería SAS. No obstante, su ventaja radica en la **diferenciación competitiva inmediata** frente a otras constructoras regionales, posicionándola como pionera en innovación y eficiencia.

### 1.3.2 Criterios de Selección de Alternativas

La selección de alternativas en un caso de negocio requiere un conjunto de criterios claros y objetivos que permitan evaluar la viabilidad técnica, financiera y estratégica de cada opción. En el contexto de FPM Ingeniería SAS, empresa constructora creada en 2019 y adscrita a la Cámara de Comercio de Ibagué, la toma de decisiones estratégicas se vuelve crítica debido a su condición de compañía emergente en un mercado altamente competitivo y regulado. La aplicación de criterios adecuados garantiza que la empresa elija la alternativa más conveniente para alcanzar sus objetivos de crecimiento, sostenibilidad y posicionamiento.

Los criterios de selección pueden agruparse en cinco dimensiones principales: viabilidad técnica, viabilidad económica-financiera, impacto estratégico, sostenibilidad socioambiental y gestión de riesgos.

- **Viabilidad Técnica**

Este criterio evalúa si la alternativa es compatible con las capacidades técnicas actuales de la empresa, el talento humano disponible y los recursos operativos. Para FPM Ingeniería SAS, que combina contratos públicos y privados, la viabilidad técnica implica analizar si las metodologías propuestas (PMI, P2M, BIM, Lean Construction) pueden implementarse gradualmente sin afectar la ejecución de los proyectos vigentes. La alineación con normas técnicas nacionales e internacionales también constituye un aspecto clave de esta dimensión (PMI, 2021).

- **Viabilidad Económica-Financiera**

Toda alternativa debe ser evaluada en términos de costos de implementación, retorno esperado de la inversión y sostenibilidad financiera. En empresas jóvenes como FPM Ingeniería SAS, donde los márgenes de liquidez suelen ser limitados, este criterio adquiere un peso relevante. Aquí se deben valorar aspectos como:

- (capacitación, tecnología, consultoría).
- Ahorros potenciales por reducción de sobrecostos y retrasos.
- Capacidad de acceso a fuentes de financiación o apalancamiento.

Una alternativa que implique costos excesivos sin un retorno proporcional puede poner en riesgo la estabilidad de la organización (Banco Mundial, 2023).

### 1.3.3 Análisis de Alternativas

El análisis de alternativas constituye la fase en la que se evalúan, de manera sistemática, las opciones identificadas (ver sección 3.1) a partir de los criterios previamente definidos (ver sección 3.2). Para FPM Ingeniería SAS, este proceso resulta fundamental, ya que permite reducir la incertidumbre y tomar decisiones estratégicas alineadas con su misión de ejecutar proyectos de infraestructura con eficiencia, calidad y sostenibilidad.

La metodología de análisis utilizada se basa en una matriz de evaluación multicriterio, que pondera las alternativas según las cinco dimensiones clave: viabilidad técnica, viabilidad económico-financiera, impacto estratégico, sostenibilidad socioambiental y gestión de riesgos. Este enfoque está respaldado por estándares internacionales de gestión de proyectos como el PMBOK SÉPTIMA EDICIÓN (PMI, 2021), que promueve la toma de decisiones basadas en criterios objetivos, y por la filosofía P2M (PMAJ, 2017), que enfatiza la innovación organizacional como factor diferenciador.

- **Alternativa 1: Continuidad con el Modelo Actual de Gestión**

- **Viabilidad técnica:** alta, ya que no requiere cambios.
- **Viabilidad financiera:** muy favorable, pues no demanda inversión adicional.

- **Impacto estratégico:** bajo, dado que no mejora la competitividad frente a empresas más avanzadas.
- **Sostenibilidad socioambiental:** limitada, ya que no incorpora nuevas prácticas.
- **Riesgos:** riesgo moderado de estancamiento en el mercado y pérdida de oportunidades en licitaciones de mayor cuantía.

En conclusión, esta alternativa ofrece estabilidad inmediata, pero no asegura crecimiento ni diferenciación competitiva.

- **Alternativa 2: Adopción Progresiva de Metodologías de Gestión de Proyectos (PMI + P2M)**

- Viabilidad técnica: media-alta, dado que puede implementarse gradualmente en áreas clave como planeación, control y SST.
- Viabilidad financiera: favorable, dado que implica costos de capacitación y adaptación, estos se compensan con ahorros derivados de la reducción de sobrecostos y retrasos.
- Impacto estratégico: alto, ya que posiciona a FPM Ingeniería SAS como una empresa moderna y competitiva en licitaciones públicas y privadas.
- Sostenibilidad socioambiental: favorable, al integrar prácticas de control de calidad y procesos de seguridad en obra que benefician tanto al entorno como al personal.
- Riesgos: bajo-moderado, principalmente relacionados con la resistencia al cambio del personal, los cuales pueden mitigarse con programas de formación y acompañamiento.

En conclusión, esta alternativa representa un punto de equilibrio entre viabilidad y competitividad, ajustado a la realidad financiera y operativa de la empresa.

- **Alternativa 3: Transformación Digital y Adopción Integral de Tecnologías Avanzadas**

- **Viabilidad técnica:** media, ya que la empresa requiere modernización en talento humano y equipos para aplicar BIM y softwares avanzados.
- **Viabilidad financiera:** baja, debido a la alta inversión inicial en tecnología, licencias y capacitación.
- **Impacto estratégico:** muy alto, pues diferencia inmediatamente a la empresa frente a competidores regionales.

- **Sostenibilidad socioambiental:** alta, dado que estas tecnologías optimizan el uso de recursos y reducen desperdicios.
- **Riesgos:** alto, principalmente financieros y operativos, por la magnitud del cambio y la posibilidad de no recuperar la inversión en el corto plazo.

En conclusión, es una alternativa ambiciosa con alto potencial de innovación, pero poco viable financieramente para una empresa joven como FPM Ingeniería SAS.

### 1.3.4 Selección de Alternativa

La selección de la alternativa constituye el punto culminante del análisis realizado en las secciones anteriores, ya que define el camino estratégico que seguirá FPM Ingeniería SAS para fortalecer su competitividad en el sector de la construcción. De acuerdo con la evaluación multicriterio desarrollada en el apartado 3.3, la alternativa más viable, equilibrada y estratégica para la organización es la adopción progresiva de metodologías de gestión de proyectos (PMI + P2M).

Esta decisión se fundamenta en tres razones principales: viabilidad técnica y financiera, impacto estratégico y alineación con el direccionamiento organizacional.

- **Viabilidad Técnica y Financiera**

La implementación gradual de metodologías como el PMBOK® SÉPTIMA EDICIÓN (PMI, 2021) y el enfoque P2M (2017) permite que la empresa avance en la profesionalización de sus procesos sin necesidad de inversiones abruptas o desproporcionadas. En contraste con la transformación digital integral, que demandaría altos costos de software, equipos y consultoría, la adopción progresiva se centra en capacitación interna, rediseño de procesos y aplicación de herramientas accesibles como el método de Valor Ganado (EVM) y la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT). Esto hace que la alternativa sea financieramente sostenible para una compañía emergente como FPM Ingeniería SAS, donde la liquidez es limitada, pero existe capacidad de reinversión.

- **Impacto Estratégico**

Desde la perspectiva estratégica, esta alternativa fortalece la posición de la empresa frente a sus competidores regionales y nacionales. Al incorporar estándares de gestión

reconocidos internacionalmente, FPM Ingeniería SAS mejora su capacidad de respuesta en licitaciones públicas, donde cada vez se exige mayor rigurosidad en la planeación, control de costos y gestión de riesgos (Colombia Compra Eficiente, 2022). Asimismo, esta alternativa incrementa la confianza de los clientes privados, al demostrar que la empresa cuenta con procesos sólidos, trazables y auditables. En este sentido, la adopción progresiva de PMI + P2M actúa como un diferenciador competitivo que puede abrir la puerta a proyectos de mayor envergadura y rentabilidad.

- **Alineación con el Direccionamiento Organizacional**

La alternativa seleccionada se encuentra directamente alineada con la misión, visión y objetivos estratégicos de la empresa. La misión de ejecutar proyectos con calidad, seguridad y sostenibilidad se fortalece mediante el uso de estándares de gestión que aseguran cumplimiento técnico y administrativo. La visión de convertirse en una empresa de referencia para 2030 se ve respaldada por la profesionalización progresiva y el posicionamiento competitivo. Finalmente, los objetivos estratégicos, entre los que se destacan la diversificación del portafolio y el fortalecimiento del talento humano, encuentran soporte en una metodología que impulsa la capacitación continua y la innovación organizacional.

- **Mitigación de Riesgos**

Uno de los argumentos a favor de esta alternativa es la capacidad de gestionar y mitigar los riesgos asociados. A diferencia de la transformación digital integral, cuyos riesgos financieros son elevados, la adopción progresiva distribuye los costos y permite ajustes iterativos a medida que la empresa avanza. Además, la resistencia al cambio del personal puede mitigarse mediante programas de formación gradual y la implementación de incentivos vinculados al cumplimiento de metas bajo los nuevos estándares de gestión.

### **1.3.5 Justificación del Proyecto (Finalidad e Impacto)**

La justificación de un proyecto responde a la necesidad de explicar por qué se considera pertinente su desarrollo, cuáles son los beneficios esperados y de qué manera contribuye al cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización. En el caso de FPM Ingeniería SAS, la justificación del proyecto radica en la necesidad de fortalecer su competitividad en el sector de la construcción colombiano mediante la adopción progresiva de metodologías de gestión de proyectos (PMI + P2M).

- **Finalidad del Proyecto**

El proyecto tiene como finalidad consolidar a FPM Ingeniería SAS como una empresa moderna, eficiente y confiable en la ejecución de proyectos de construcción, tanto en el sector público como privado. Para lograrlo, se plantea la implementación gradual de metodologías de gestión de proyectos reconocidas internacionalmente, lo que permitirá:

Mejorar la planeación y el control de cronogramas y presupuestos.

Aumentar la eficiencia en el uso de recursos materiales, humanos y financieros.

Fortalecer la capacidad de la empresa para participar en licitaciones públicas de mediana y gran cuantía.

Generar confianza y credibilidad frente a clientes, entidades de control y proveedores.

En síntesis, la finalidad del proyecto no se limita al cumplimiento técnico de las obras, sino que apunta a transformar la gestión organizacional, dotando a la empresa de herramientas que garanticen sostenibilidad y crecimiento en el largo plazo.

## **1.4 Marco Teórico**

- **Revisión de la Literatura**

El incumplimiento del cronograma de ejecución es una de las patologías más recurrentes y perjudiciales en la industria de la construcción e hidráulica, afectando de manera transversal a proyectos de obras civiles. Esta desviación temporal no solo compromete la entrega oportuna de los beneficios esperados por la sociedad, sino que también desencadena una serie de consecuencias negativas que incluyen sobrecostos significativos, disputas contractuales, pérdida de confianza de los inversionistas y un notable deterioro de la reputación de las entidades ejecutoras. Como lo señalan diversos estudios, la gestión del tiempo es un pilar fundamental del éxito de cualquier proyecto, y su fracaso suele ser un indicador de deficiencias más profundas en la planificación y el control (Rudeli et al., 2018).

En este aparte se analiza esta problemática a través del estudio de casos emblemáticos a nivel internacional, nacional y local. El objetivo es evidenciar las causas raíz, cuantificar los impactos y extraer lecciones aprendidas que fundamenten la necesidad y el contenido de una «Guía de Buenas Prácticas en la Ejecución y Optimización del Cronograma». Al examinar fallos concretos, se busca trascender la teoría para comprender las dinámicas reales que conducen a los retrasos.

En la gerencia de proyectos y conceptos básicos de obras hidráulicas y de infraestructura, implica la planificación, ejecución y supervisión de proyectos relacionados con el diseño, construcción, mantenimiento de infraestructuras hídricas y la jerarquía de la gestión efectiva en proyectos de construcción. Los principios de la misma son esenciales para realizar de manera óptima cada proyecto, los pasos anteriormente mencionados (planificación, ejecución y supervisión) son claves para garantizar una buena gestión por parte de la gerencia del proyecto por este motivo se deben llevar a cabo las fases de manera obligatoria y con un compromiso incuestionable aunque flexible en algún modo ya que es crucial que a dirección del proyecto se adapte a cambios accidentales e inesperados que pueden aparecer en cualquier momento crítico de la ejecución, por último se deben incorporar prácticas sostenibles ambientalmente para tener un proyecto sumamente responsable con el manejo de recursos hídricos.

**Planificación:** En proyectos de ingeniería hidráulica se siguen lineamientos del PMI para definir estratégicamente objetivos puntuales para el desarrollo del proyecto, se rige a partir de un cronograma que será inamovible y que será el norte de la ejecución para no incurrir en incidentes que afecten el presupuesto oficial del proyecto; A tener en cuente que con una buena planificación podemos identificar riesgos, clasificarlos y tener un plan de acción para mitigarlos o solventarlos con un plan de acción de comunicación asertiva entre las partes involucradas.

**Ejecución:** Nos regimos en poner en práctica todo lo planificado con un margen de error mínimo, un buen inicio es asegurar la disponibilidad y la buena gestión de los recursos asignados necesarios para la ejecución del proyecto, se debe promover un ambiente laboral idóneo y sano para que todas las piezas funcionen como un engranaje y el funcionamiento sea sincrónico, durante esta fase implementamos procesos para tener los mejores estándares de calidad y garantía de los trabajos mediante o por medio de reuniones o informes anteriormente estipulados en la fase de planificación del proyecto, con esto al documentar todas las actividades y decisiones se facilitan la evaluación del proyecto y si se llega a incurrir en un riesgo, tener como retroalimentar la solución obteniendo una lección aprendida.

**Supervisión:** Se basa en los seguimientos minuciosos del avance del proyecto ajustado a su cronograma según lo planeado y posteriormente elaborado en la fase de ejecución en términos de calidad, costo y tiempo. El monitoreo de actividades y rendimiento es sumamente necesario para la mitigación efectiva de los riesgos anteriormente planeada, un enfoque integro de lo anterior nos ayuda a identificar anomalías en tiempo e implementar correcciones ya que

este factor es el que más pone en riesgo el éxito del proyecto. (Project Management Institute. 2017).

- **Ámbito Internacional**

La problemática de los retrasos en megaproyectos de infraestructura no es exclusiva de una región, sino un fenómeno global. El análisis de casos internacionales de alto perfil permite identificar patrones y errores de gestión que trascienden las fronteras, ofreciendo una perspectiva valiosa para el contexto colombiano.

- **Caso 1: Aeropuerto de Berlín-Brandeburgo (Ber), Alemania**

El Aeropuerto de Berlín-Brandeburgo (BER) es un caso paradigmático de fracaso en la gestión de proyectos. Concebido para modernizar la infraestructura aeroportuaria de la capital alemana, su construcción se convirtió en una saga de retrasos y sobrecostos que capturó la atención mundial.

Plazo Inicial: Apertura programada para octubre de 2011 (Enlytencircle.ca, 2023).

Plazo Final: Inaugurado el 31 de octubre de 2020 (Airport Technology, 2021).

Desviación Temporal: 9 años de retraso.

Presupuesto Inicial: Estimado en 2.800 millones de euros (Enlytencircle.ca, 2023).

Costo Final: Aproximadamente 6.500 millones de euros.

Desviación Financiera: Sobrecosto superior al 130%.

### **Análisis de Causas**

Las causas del desastre del BER fueron múltiples y se entrelazaron a lo largo del proyecto. Un análisis de las fuentes revela una combinación de fallas técnicas, gerenciales y políticas:

- **Fallas Técnicas Críticas:** El problema más notorio fue el sistema de protección y seguridad contra incendios. Su diseño era excesivamente complejo y defectuoso, y su instalación, prueba y puesta en marcha fallaron repetidamente. Este fallo técnico fundamental provocó la cancelación de la apertura a pocas semanas de la fecha prevista en 2012 (Airport Technology, 2021).

- **Planificación y Diseño Deficientes:** Se realizaron cambios fundamentales en el alcance después de iniciada la construcción, como la decisión de aumentar la capacidad del terminal. Esto generó un efecto dominó de rediseños y complicaciones (Enlytencircle.ca, 2023).
- **Problemas de Calidad y Supervisión:** Se detectaron numerosos defectos de construcción en elementos como el techo, el aire acondicionado y los sistemas de cableado, lo que evidenció una supervisión inadecuada y un pobre control de calidad por parte de los contratistas.
- **Interferencia Política y Gobernanza Débil:** El consejo de supervisión estaba compuesto en gran parte por políticos sin experiencia técnica en la gestión de megaproyectos. Esto condujo a una toma de decisiones deficiente y a la priorización de criterios políticos sobre los técnicos. Como afirmó el profesor Genia Kostka, "el consejo de supervisión estaba lleno de políticos que no tenían idea de cómo supervisar el proyecto" (citado en Enlytencircle.ca, 2023).
- **Burocracia y Gestión de Permisos:** La complejidad de los requisitos regulatorios y la lentitud en la obtención de permisos agravaron los retrasos.

El impacto del fracaso del BER fue devastador. Financieramente, el sobre costo masivo representó una carga significativa para los contribuyentes. A nivel de reputación, dañó la imagen de la ingeniería y la gestión de proyectos alemana, tradicionalmente vista como un referente de eficiencia. Socialmente, la demora privó a la región de una infraestructura clave durante casi una década, afectando el desarrollo económico y la conectividad.

- **Caso 2: Crossrail (Elizabeth Line), Londres, Reino Unido**

Crossrail, rebautizado como Elizabeth Line, fue el proyecto de infraestructura más grande de Europa, diseñado para crear una nueva línea ferroviaria de este a oeste a través de Londres. Aunque finalmente exitoso en su operación, el proyecto sufrió importantes retrasos y sobrecostos que empañaron su ejecución.

Plazo Inicial: Apertura de la sección central prevista para diciembre de 2018 (BBC News, 2022).

Plazo Final: Inauguración en mayo de 2022.

Desviación Temporal: Aproximadamente 3.5 años de retraso.

Presupuesto Inicial (2010): 14.800 millones de libras esterlinas (BBC News, 2022).

Costo Final: 18.800 millones de libras esterlinas.

Desviación Financiera: Sobrecosto de 4.000 millones de libras (aproximadamente un 27%).

- **Análisis de Causas**

A diferencia del BER, donde los problemas estructurales fueron evidentes desde el principio, Crossrail fue considerado un "proyecto perfecto" durante gran parte de su construcción. Sin embargo, las dificultades surgieron en la fase final de integración:

- **Complejidad en la Integración de Sistemas:** La causa principal del retraso fue la dificultad para integrar los tres sistemas de señalización diferentes a lo largo de la ruta con los nuevos trenes. La comunicación entre estos sistemas resultó ser mucho más compleja de lo previsto, un fallo crítico en la fase de pruebas (BBC News, 2022).
- **Optimismo Excesivo y Falta de Transparencia:** La gerencia del proyecto mantuvo un discurso de "a tiempo y dentro del presupuesto" hasta pocas semanas antes de anunciar el primer gran retraso. Esta falta de transparencia impidió una intervención temprana y generó una crisis de confianza.
- **Retrasos en Estaciones Clave:** La construcción de estaciones complejas como Bond Street se retrasó significativamente, impidiendo la apertura de la línea completa.
- **Gobernanza Fragmentada:** El proyecto tenía dos patrocinadores principales, el Departamento de Transporte (DfT) y Transport for London (TfL), lo que a veces dificultaba una línea clara de responsabilidad y toma de decisiones ágil (BBC News, 2022).

El impacto financiero fue asumido en gran parte por la ciudad de Londres y sus empresas a través de gravámenes adicionales. El retraso afectó a negocios locales, como los de la zona de Abbey Wood, que habían invertido esperando el aumento de pasajeros en 2018. Políticamente, generó una fuerte controversia sobre la supervisión de megaproyectos y la rendición de cuentas de sus directivos. A pesar de todo, una vez inaugurada, la línea ha sido un éxito operativo, demostrando que el producto final era de alta calidad, aunque su proceso de entrega fue defectuoso.

- **Ámbito Nacional**

El contexto colombiano presenta desafíos particulares, donde a las causas técnicas y gerenciales se suman factores como la corrupción, la inestabilidad institucional y una geografía

compleja. Un informe de Daheshpour y Herbert (2018) identifica la ingeniería civil deficiente, la corrupción y la politización de los proyectos como las principales razones de los fallos en la infraestructura del país, no obstante, se debe tener en cuenta que el desarrollo operativo, de planificación y ejecución se han convertido en el componente más relevante desde la dirección de proyectos como pilar fundamental asociado al recurso humano que interviene en la toma de decisiones dentro de las actividades de obra.

A continuación, se presentan los dos casos más relevantes que se han presentado en el panorama nacional y que se han tomado como referentes de aprendizaje por la magnitud de la inversión, el despliegue técnico-operativo en campo y los múltiples riesgos a los que se enfrentan los proyectos en Colombia.

- **Caso Nacional: Proyecto Hidroeléctrico Ituango (Hidroituango), Antioquia**

Hidroituango, el proyecto hidroeléctrico más grande en la historia de Colombia, es un caso emblemático de obra hidráulica que ha enfrentado severos desafíos técnicos y de cronograma, poniendo en riesgo no solo el proyecto sino también a las comunidades aguas abajo y la seguridad energética del país.

Plazo Inicial: Entrada en operación de las primeras turbinas prevista para finales de 2018.

Plazo Final (parcial): Las dos primeras turbinas iniciaron operación a finales de 2022. El proyecto completo sigue en ejecución.

Desviación Temporal: Más de 4 años de retraso para las primeras unidades y aún en curso.

Presupuesto Inicial: Estimado originalmente en unos 11,4 billones de pesos colombianos.

Costo Actualizado: Las estimaciones más recientes superan los 18 billones de pesos, con proyecciones crecientes.

Desviación Financiera: Sobre costos que superan el 60% y continúan aumentando.

- **Análisis De Causas**

La crisis principal de Hidroituango se desató en abril de 2018, pero sus raíces se encuentran en decisiones y eventos previos:

- **Riesgos Geológicos y Técnicos Subestimados:** La contingencia principal ocurrió por el colapso de la Galería Auxiliar de Desviación (GAD), un túnel clave para desviar el río Cauca durante la construcción de la presa. Este colapso, atribuido a condiciones

geológicas imprevistas y posiblemente a fallas en el diseño y construcción del túnel, obligó a tomar la decisión de inundar la casa de máquinas para evitar un colapso catastrófico de la presa (Henao et al., 2020).

- **Aceleración del Cronograma y Presión por Cumplimiento:** Existe evidencia que sugiere que la presión por cumplir con la fecha de entrada en operación de 2018 llevó a tomar atajos y decisiones de alto riesgo, como la de utilizar la GAD como tercer túnel de desviación sin los refuerzos adecuados.
- **Factores Externos (Climáticos):** El proyecto enfrentó desafíos logísticos y de construcción debido a las intensas lluvias en la región, un factor que, aunque previsible, complicó la ejecución (PSA BDP, s.f.).
- **Deficiencias en la Gestión de Riesgos:** El evento de 2018 demostró que los planes de contingencia eran insuficientes para un fallo de tal magnitud. El informe de Daheshpour y Herbert (2018) ya advertía que en Colombia la evaluación de riesgos ambientales a menudo es realizada internamente por las constructoras, lo que puede llevar a subestimar la "imprevisibilidad" de los eventos.

El impacto de la crisis de Hidroituango ha sido multidimensional. El impacto social fue inmenso, con la evacuación de miles de personas y una persistente incertidumbre en las comunidades ribereñas. El impacto ambiental, derivado de los cambios abruptos en el caudal del río, fue severo. Financieramente, además de los sobrecostos directos, EPM (la empresa propietaria) enfrentó multimillonarias reclamaciones de seguros y la pérdida de ingresos por la no generación de energía. A nivel nacional, la no entrada en operación del proyecto en la fecha prevista generó una seria preocupación por la estabilidad del sistema energético colombiano.

- **Caso Local: Primera Línea del Metro de Bogotá (PLMB)**

El Metro de Bogotá es quizás el ejemplo más notorio de incumplimiento de cronograma en la historia de la infraestructura colombiana, no por retrasos en su construcción, sino por décadas de aplazamiento en su inicio. Es un caso extremo de cómo la interferencia política puede paralizar un proyecto vital.

**Plazo Inicial:** Los primeros estudios serios datan de la década de 1980. Desde entonces, se han propuesto y descartado múltiples proyectos.

**Plazo Actual:** El contrato para la primera línea se firmó en 2019, con construcción iniciada formalmente en 2020 y una fecha de apertura prevista para 2028 (LatinFinance, 2025).

**Desviación Temporal (en planificación):** Más de 40 años de debates y estudios fallidos antes de iniciar la construcción.

**Costo Actual:** El proyecto contratado tiene un costo aproximado de 5 mil millones de dólares (IISD, 2024). Los costos de los proyectos descartados y los estudios realizados durante décadas representan una pérdida económica considerable.

- **Análisis de Causas**

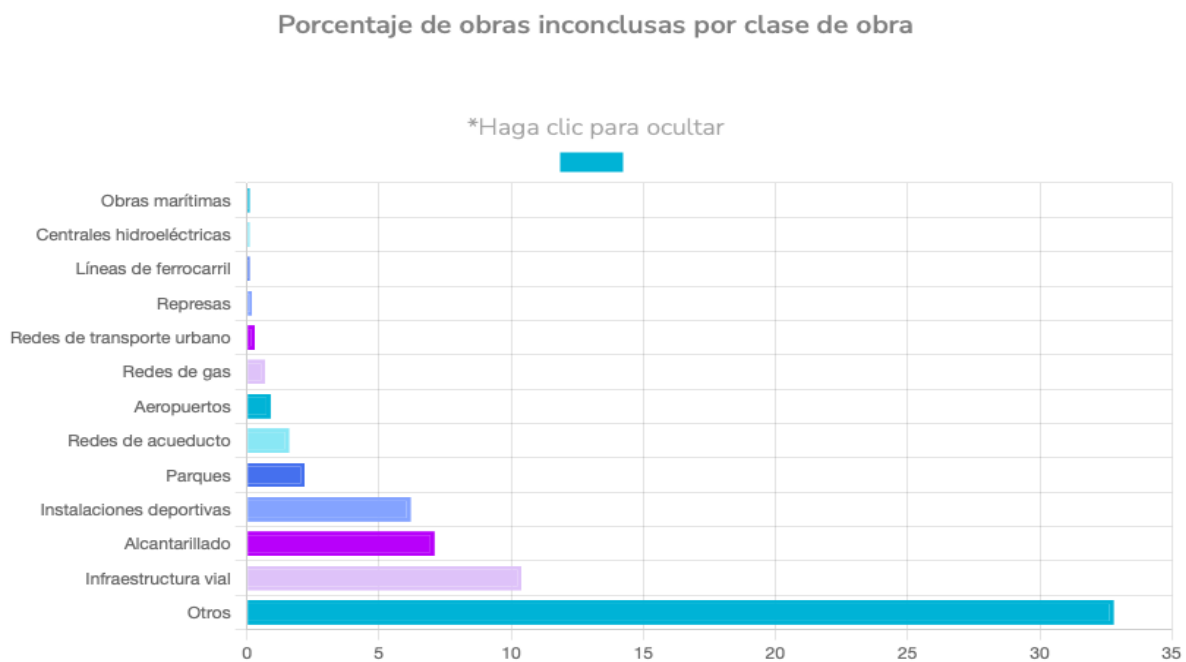
La causa fundamental del retraso histórico del Metro de Bogotá es la politización extrema del proyecto. Como señala el análisis de Daheshpour y Herbert (2018) sobre la infraestructura en Colombia, los megaproyectos tienden a estar dominados por criterios políticos y ciclos electorales, en lugar de una planificación técnica a largo plazo.

**Falta de Consenso Político:** Cada nueva administración distrital o nacional ha revisado, modificado o descartado los planes de la anterior. El debate más reciente y persistente ha sido sobre si el metro debe ser subterráneo o elevado, una discusión que ha consumido años y recursos, y que incluso amenazó con detener el proyecto ya contratado (The Bogotá Post, 2023).

- **Cambios Constantes en el Alcance y Diseño:** La indecisión política se ha traducido en cambios continuos en los trazados, la tecnología y el modelo de financiación, impidiendo que cualquier propuesta madurara hasta la fase de ejecución.
- **Conflictos Institucionales:** Las disputas entre el gobierno nacional y el distrital sobre la financiación y las características técnicas del proyecto han sido una constante, paralizando cualquier avance.
- **Un estudio sobre proyectos de obra civil en Choachí, Cundinamarca,** un municipio cercano a Bogotá, refuerza esta perspectiva a menor escala, identificando que los "retrasos por cambios en el alcance del proyecto" y la "espera en la aprobación de inclusión de recursos" son percibidos por los profesionales como los factores más significativos de incumplimiento, con una relevancia del 98% (Correa González, 2024). Esto refleja a nivel micro la misma patología de inestabilidad en el alcance y la financiación que ha afectado al metro a nivel macro.

El impacto de no tener un metro durante décadas ha sido profundo para Bogotá. Ha contribuido a consolidar a la ciudad como una de las más congestionadas del mundo, con enormes costos en tiempo perdido, productividad reducida y altos niveles de contaminación. La dependencia de sistemas como TransMilenio, que a su vez ha enfrentado problemas de sobrecarga y falta de expansión por retrasos (World Bank Blogs, 2014), ha demostrado ser insuficiente. El costo de oportunidad para la calidad de vida de millones de ciudadanos es incalculable.

- **Teorías y Conceptos Relevantes**



“Otros” abarca las siguientes clases de obra: Acueductos, comando de policía, hospitales, proyectos de vivienda, puentes, redes de electricidad, redes de gas, sedes de entidad, sistemas de riego, telecomunicaciones y viaductos.

Figura 8 Tomado de: Registro Nacional de Obras Inconclusas  
<https://portal.paco.gov.co/index.php?pagina=obrasInconclusas>

En el proceso de obtención de datos, antecedentes y postulaciones que avalen la necesidad de la implementación de lineamientos del PMI en su séptima edición en la ejecución de obras hidráulicas por medio de una guía práctica, tenemos que las clases de obras hidráulicas están en dos de los cinco tipos de obras que más quedan inconclusas en todo el país. Lo cual aparte del negativo impacto social, presupuestal a las arcas de la nación y legal, tienen un factor extra el cual es el ambiental, ya que genera traumatismos fulminantes para

cualquier municipio que está a la espera de una obra hidráulica en funcionamiento optimo. (Portal de Obras Inconclusas. (n.d.). *Paco.*)

En septiembre del 2023, la CGR informó que, de las 1.753 obras inconclusas y proyectos críticos en todo el país, los departamentos con mayor cantidad de recursos públicos comprometidos en estas son: Valle del Cauca (2,9 billones de pesos), Antioquia (1,1 billones de pesos), Tolima (1,03 billones de pesos), Santander (901.000 millones de pesos) y La Guajira (866.000 millones de pesos). (Ámbito Jurídico.2023)

El impacto negativo de obras inconclusas en el departamento del Tolima está en tercer lugar a nivel nacional en aras del detrimento patrimonial, cifras preocupantes ya que cerca del 40 % de esos recursos estaban con disponibilidad presupuestal para la ejecución de obras hidráulicas ya sean de potabilización, saneamiento o producción agrícola.

Caso particular, a falta de más información que se está indagando, es sumamente relevante la implementación de buenas prácticas gerenciales para el desarrollo de proyectos de tan alto impacto a nivel nacional.

Los daños ambientales por el llenado del embalse Zanja Honda y el deterioro de la infraestructura del Triángulo del Sur del Tolima, que se encuentra en el abandono desde hace varios años, habría generado un detrimento patrimonial que alcanza los \$19.461 millones.

Dentro de los hallazgos encontrados por la Contraloría se evidenció el incumplimiento de obligaciones ambientales impuestas en las licencias ambientales, ausencia de compensación ambiental por el daño a los ecosistemas del área de llenado del embalse Zanja Honda, contaminación de las aguas estancadas, afectación a la red hídrica natural del área de influencia del proyecto sin medidas de manejo técnico ambiental, entre otros factores. (Ondas de Ibagué. 2023).

- **Investigaciones Relacionadas con Buenas Prácticas**

#### **Aportes De Alfaro & Yepes (2020) a la Necesidad de una Guía Estandarizada**

En Latinoamérica, la gestión de proyectos de infraestructura presenta fallas recurrentes asociadas a retrasos, sobrecostos y pérdida de funcionalidad. Según Alfaro y Yepes (2020), estos problemas se originan principalmente en la falta de guías integradas y metodologías estandarizadas para la formulación y control de cronogramas y presupuestos. Los autores demuestran que muchas obras civiles —especialmente las hidráulicas y viales— se ejecutan con EDT incompletas, estimaciones deficientes y una débil gestión de riesgos, lo que incrementa la probabilidad de que los proyectos se conviertan en obras inconclusas o inoperantes. Esta evidencia respalda directamente la necesidad de la guía propuesta, pues

unifica buenas prácticas PMI y P2M para garantizar coherencia técnica desde la planeación hasta el control.

Los autores evidencian que los proyectos hidráulicos y viales analizados presentan fallas críticas como:

- EDT incompletas o inexistentes
- cronogramas contruidos sin análisis de riesgos
- presupuestos fragmentados sin integración con el tiempo
- ausencia de procesos formales de seguimiento y control
- pobre articulación entre contratistas, interventoría y entidades públicas

Este diagnóstico regional respalda la necesidad de una guía como la propuesta en esta tesis, ya que ofrece un marco ordenado y basado en estándares internacionales (PMI–P2M) que permite reducir la variabilidad y mejorar la predictibilidad de las obras civiles hidráulicas, donde los errores en planificación suelen derivar en costos acumulados muy altos, afectación de comunidades y riesgo de convertirse en obras inconclusas o no funcionales.

### **Factores Críticos de Éxito y su Relación con la Guía: Pinto & Slevin (1989)**

El modelo de factores críticos de éxito desarrollado por Pinto y Slevin (1989) establece que un proyecto solo puede ejecutarse satisfactoriamente cuando cuenta con un alcance claro, un cronograma coherente, un sistema de control de cambios sólido y una comunicación efectiva con los stakeholders. Estos elementos coinciden con los principios estructurales de la guía hidráulica desarrollada en esta investigación, la cual incorpora herramientas como la EDT, la secuenciación lógica, el análisis de riesgos y la gestión de disturbios del P2M. Tal como señalan Pinto y Slevin (1989), la repetibilidad y predictibilidad en proyectos requieren metodologías formalizadas; por lo tanto, la guía no es una propuesta aislada, sino una respuesta fundamentada y alineada a estándares reconocidos globalmente.

Su estudio demuestra que el éxito en la ejecución no depende únicamente de la disponibilidad de recursos, sino de la presencia de elementos como:

- alcance claramente definido,
- cronograma detallado y realista,
- proceso riguroso de control de cambios,
- adecuada comunicación con los stakeholders,
- control continuo de avances.

Estos factores coinciden completamente con la estructura de la guía diseñada, la cual, a través de las buenas prácticas PMI (WBS, secuenciación, estimación de duraciones, control

EVM) y P2M (armonización de valor, ciclos de gestión, disturbios), aborda cada uno de los componentes señalados por estos autores.

Además, Pinto y Slevin proponen que las organizaciones deben institucionalizar procedimientos estandarizados para asegurar la repetibilidad y predictibilidad de los proyectos. Esto se alinea con la creación de una guía propia para obras hidráulicas, la cual formaliza los procesos que históricamente han sido improvisados en múltiples entidades territoriales.

### **Diagnóstico de Fallas de Gestión en Obras Públicas: González & Sánchez (2018)**

En el contexto latinoamericano, y especialmente en Colombia, diversas obras civiles se han convertido en “elefantes blancos” debido a fallas estructurales en su gestión. González y Sánchez (2018) sostienen que la mayoría de estas problemáticas surgen por una incorrecta estructuración del proyecto, la ausencia de metodologías de planificación unificadas y la mala integración entre cronograma, presupuesto y gestión de riesgos. Los autores recomiendan explícitamente la creación de guías técnicas para mejorar la gobernanza de proyectos públicos, lo cual se alinea plenamente con la guía desarrollada en esta tesis. La aplicación del marco PMI–P2M ofrece una respuesta directa y robusta a las deficiencias identificadas por González y Sánchez (2018), particularmente en obras hidráulicas donde las fallas de planificación pueden comprometer la funcionalidad total del sistema.

Entre los hallazgos más relevantes se destacan:

- mala estructuración inicial del proyecto,
- ausencia de metodologías unificadas de planificación,
- presupuestos desalineados del alcance,
- cronogramas diseñados sin análisis de disturbios ni riesgos,
- debilidades en la interventoría y control técnico.

Esta investigación valida el núcleo del problema que intenta solucionar la guía creada: la falta de instrumentos metodológicos que integren tiempo, costo, riesgo y valor bajo un esquema claro. Su recomendación central —la creación de guías de gobernanza técnica para obras públicas— refuerza directamente la pertinencia del documento elaborado bajo PMI y P2M, ya que responde a una necesidad comprobada en el país y en la región.

### **Buenas Prácticas Internacionales en Construcción: Castro-Lacouture & Irizarry (2015)**

La literatura internacional coincide en que los países con mejores resultados en infraestructura no necesariamente cuentan con más recursos, sino con procesos metodológicos altamente estructurados. Castro-Lacouture e Irizarry (2015) afirman que el éxito en la entrega

de proyectos de construcción depende de factores como la claridad en los entregables, la estandarización del control del cronograma, la trazabilidad de actividades y la integración tiempo–costo. La guía desarrollada adopta estas buenas prácticas mediante el uso de EDT, curvas S, análisis de valor ganado, matrices de disturbios P2M y modelos probabilísticos para toma de decisiones. De acuerdo con Castro-Lacouture e Irizarry (2015), estas herramientas permiten minimizar errores, mejorar la coordinación y fortalecer la capacidad de predicción del proyecto.

Su investigación recalca la importancia de:

- la claridad en los entregables,
- la estandarización del control del cronograma,
- la alineación del diseño con la ejecución,
- la trazabilidad de actividades,
- la integración entre presupuesto y tiempo,
- el monitoreo constante mediante indicadores.

El estudio evidencia que los países con mejores resultados en infraestructura no se destacan por tener más recursos, sino por contar con metodologías robustas que aseguran consistencia en todas las fases del proyecto.

### **Aportes de la Gestión De Calidad Total: Arditi & Gunaydin (1997)**

Arditi y Gunaydin (1997) introdujeron un enfoque pionero en la construcción: la aplicación de la Gestión de Calidad Total (TQM) como base para mejorar procesos, reducir reprocesos y asegurar la calidad desde la etapa de diseño. Los autores demuestran que la estandarización de procesos no solo evita fallas técnicas, sino que también mejora la eficiencia operativa y financiera de los proyectos. Esta perspectiva respalda el objetivo de la guía propuesta, que incorpora pasos claros para la elaboración de EDT, la asignación de recursos, el control de tiempos, el análisis de riesgos y la supervisión continua. En línea con Arditi y Gunaydin (1997), la guía propone una gestión preventiva, esencial para obras hidráulicas donde los errores pueden traducirse en pérdidas económicas, afectación ambiental y fallos funcionales críticos.

Su investigación señala que la calidad no se logra únicamente con buenas prácticas de obra, sino con procesos de planificación sólidos desde el inicio.

La guía propuesta adopta esta lógica, estableciendo:

- criterios estandarizados de EDT hidráulica,
- procedimientos de secuenciación,

- modelos de control y riesgos,
- rutas críticas,
- métodos de estimación de costos.

Esto permite que la gestión de calidad sea preventiva y no reactiva, lo cual es esencial en obras hidráulicas donde los errores pueden comprometer la funcionalidad total del sistema.

### **Mapas de Procesos para Mejorar Planificación y Programación: Mora-Serrano & Mahdjoubi (2016)**

El uso de herramientas visuales para la planificación ha sido ampliamente validado por la investigación. Mora-Serrano y Mahdjoubi (2016) concluyen que los mapas de procesos y los diagramas de flujo permiten mejorar la comprensión del proyecto, optimizar la secuencia de actividades y reducir la incertidumbre operacional. Integrar estos elementos —como árboles de decisión, rutas críticas y modelos probalísticos— facilita la toma de decisiones técnicas en terreno, especialmente en obras donde el comportamiento hidráulico y geotécnico puede variar abruptamente. Por ello, la guía incorpora árboles de decisión tanto para cronograma como para presupuesto, apoyándose en los hallazgos de Mora-Serrano y Mahdjoubi (2016) para fortalecer la claridad operativa y la coordinación entre equipos.

El estudio demuestra que el uso de representaciones visuales —como árboles de decisión, diagramas de flujo y secuencias operacionales— mejora la comprensión, reduce ambigüedades y optimiza la coordinación entre equipos.

Estos hallazgos respaldan la inclusión en la guía de:

- árboles de decisiones para cronograma,
- árboles de decisiones para presupuesto,
- flujos de disturbios según P2M,
- procesos EDT detallados.

El uso de diagramas visuales se justifica con evidencia científica, reforzando el valor práctico de la guía para equipos técnicos, interventorías y entidades públicas.

## **1.5 Marco Metodológico para realizar Trabajo de Grado**

### **1.5.1 Enfoque de Investigación**

Dentro del enfoque de investigación, se opta por uno de carácter mixto, en virtud de la observación y evaluación del fenómeno administrativo que genera la omisión de ejecución del

cronograma de actividades operativas de obra civil. Se establecen ideas o suposiciones de la revisión de casos de proyectos con retraso operativo y la causa que origina tal hallazgo y se propone la evaluación de nuevas variables de planificación y ejecución que repercutan en el desarrollo de las etapas en el ciclo de vida del proyecto. La investigación de carácter mixto permitirá contar con una cobertura investigativa más amplia que permita tener en cuenta más información alrededor del tma propuesto, de cara al cumplimiento de los objetivos trazados.

### **1.5.2 Tipo de Investigación**

De acuerdo con el objetivo, alcance y contexto del proyecto se ha definido el enfoque metodológico y tipo de investigación a implementar que defina el insumo de información a analizar. La metodología corresponde a un tipo de investigación de carácter explicativa, dado que se busca con este medio establecer las causas y consecuencias del fenómeno que surge producto del incumplimiento en ejecución del cronograma de actividades operativas. Se expone las razones de los eventos que generan incumplimiento y el impacto en las otras etapas del ciclo del proyecto, además de los grupos de interés que intervienen a lo largo del proyecto. Es por esto por lo que se busca mediante un método comparativo casual y el establecimiento comparativo de dos eventos con novedades en la ejecución del cronograma de actividades, establecer similitudes en su etapa de ejecución operativa.

El carácter explicativo de la investigación radica en la necesidad de identificar las relaciones causales que originan los retrasos en la ejecución de obras, sus efectos sobre la gestión del proyecto, y las repercusiones contractuales y sociales que de ellos se derivan. A través de este enfoque se busca no solo describir los hechos observados, sino entender las razones subyacentes que conducen a las desviaciones en cronograma, presupuesto y alcance, considerando los diferentes actores involucrados —como contratistas, interventores, residentes de obra y comunidades beneficiarias.

Se emplea un método comparativo causal, mediante el análisis de casos de estudio con antecedentes de retrasos operativos, con el propósito de establecer similitudes, diferencias y factores comunes que inciden en el incumplimiento de los plazos proyectados. Este método permite desarrollar una interpretación técnica sustentada en evidencia empírica, fortaleciendo el proceso de validación de hipótesis sobre las fallas de planificación, control y gestión administrativa.

El enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo) contribuye a la solidez del análisis, ya que combina la recolección y procesamiento de datos estadísticos provenientes de censos y

encuestas aplicadas, con la interpretación contextual y descriptiva de los resultados obtenidos. Desde la perspectiva cuantitativa, se analizan las proporciones y tendencias de las variables asociadas al cumplimiento de cronogramas y a la percepción de eficiencia en la gestión del proyecto. Por su parte, el componente cualitativo se apoya en la observación directa y en la interpretación técnica de los comportamientos administrativos que inciden en los resultados operativos.

En conjunto, este enfoque metodológico permite explicar el fenómeno del incumplimiento cronológico no solo como una desviación técnica, sino como una manifestación integral de ineficiencias en la planificación, ejecución, supervisión y toma de decisiones dentro del ciclo de vida del proyecto. De esta manera, los hallazgos obtenidos servirán como base para formular estrategias de mejora orientadas a optimizar la gestión del tiempo, fortalecer el control operativo y reducir las consecuencias legales y financieras asociadas al incumplimiento contractual.

### **1.5.3 Población y Muestra**

Para la definición de la población y la determinación de la muestra se parte del análisis integral de los grupos afectados y beneficiados por la ejecución del proyecto, considerando las variaciones que los procesos operativos generan en el entorno físico y social donde se desarrolla la obra. La población objeto de estudio está compuesta por las familias residentes en las inmediaciones del área de influencia directa del proyecto y el equipo de trabajo técnico administrativo, quienes representan el principal grupo de interés para la medición de la percepción, aceptación y nivel de satisfacción frente al impacto generado por la ejecución del mismo.

En este contexto, se delimita la población total a partir de un censo comunitario que identifica las unidades familiares asentadas en la zona de intervención, permitiendo establecer de manera precisa el universo de estudio. La selección de la muestra se realiza mediante un muestreo aleatorio simple, con el fin de garantizar la representatividad y objetividad de los resultados, asegurando que cada familia tenga la misma probabilidad de ser incluida en el proceso de recolección de datos.

Dado que la investigación adopta un enfoque mixto, se emplean diferentes estrategias de estimación según la naturaleza de las variables analizadas. Para las variables cualitativas, relacionadas con la percepción, satisfacción y aceptación comunitaria, se aplicará la ecuación de estimación de población por proporciones, lo cual permite determinar el tamaño de muestra

adecuado con base en los niveles de confianza y margen de error previamente definidos. En cambio, para las variables cuantitativas, vinculadas a indicadores técnicos y administrativos del proyecto, se utilizará la ecuación de estimación de promedios, lo que facilita una caracterización más precisa de los resultados obtenidos.

Asimismo, se considera la segmentación de la población en dos categorías:

- **Población beneficiada**, conformada por los habitantes que reciben un impacto positivo directo del proyecto, ya sea en mejora de infraestructura, servicios o accesibilidad.
- **Población afectada**, integrada por aquellos que experimentan alteraciones temporales o permanentes en su entorno, derivadas de la ejecución operativa de la obra.

Este proceso metodológico garantiza una cobertura analítica equilibrada, tanto en el componente social como en el técnico, permitiendo comparar percepciones entre ambos grupos y establecer correlaciones entre las condiciones operativas del proyecto y la satisfacción de los beneficiarios. En conjunto, esta estructura poblacional y muestral proporciona la base empírica necesaria para sustentar los resultados de la investigación y fortalecer la validez estadística del estudio.

#### 1.5.4 Herramientas para la Recolección de Información

El proceso de recolección de información se estructura a partir de una combinación equilibrada de fuentes primarias y secundarias, con el fin de garantizar una visión completa, objetiva y verificable de los fenómenos asociados al cumplimiento del cronograma y la gestión operativa del proyecto de obra civil. Para ello, se diseñó un instrumento de medición cuidadosamente elaborado, sustentado en una matriz de especificaciones o validación, donde se definieron con precisión las variables de estudio, dimensiones de análisis e indicadores clave que permiten medir de manera sistemática la percepción y nivel de satisfacción de las familias localizadas en el área de influencia directa del proyecto.

Este instrumento —en forma de encuesta estructurada— se aplicará a las familias beneficiadas cercanas al proyecto y al equipo técnico administrativo del proyecto, abordando aspectos como la percepción de la ejecución de la obra, la relevancia del proyecto frente a las necesidades comunitarias, la calidad de los trabajos realizados, y la comunicación mantenida durante su desarrollo. Cada pregunta fue formulada con un lenguaje claro y accesible,

buscando generar confianza en el encuestado y obtener respuestas auténticas que reflejen su experiencia real. Además, la encuesta incorpora indicadores de satisfacción, prioridad percibida y nivel de impacto social, que permiten establecer relaciones entre la percepción ciudadana y los resultados operativos del proyecto.

De esta forma, el proceso de recolección integra dos rutas complementarias:

- **Fuente primaria**, derivada de la aplicación directa de encuestas y el posterior análisis estadístico de las respuestas obtenidas, lo que permite interpretar las percepciones desde la experiencia vivencial de la comunidad.
- **Fuente secundaria**, basada en la revisión de los registros técnicos y administrativos del proyecto, que aportan sustento objetivo al análisis de cumplimiento y gestión contractual.

Finalmente, el análisis cruzado entre la información primaria y secundaria permitirá contrastar la percepción social con la realidad técnica del proyecto, evidenciando posibles brechas entre la planificación y la ejecución. Este enfoque mixto no solo fortalece la validez de los hallazgos, sino que también contribuye a la generación de recomendaciones aplicables para la mejora de la gestión operativa en futuras obras hidráulicas de carácter similar.

#### • **Procedimiento de Recolección de Datos**

Para el presente estudio se implementó un procedimiento sistemático de recolección de datos con el objetivo de identificar las principales causas de retrasos, consecuencias legales y percepciones generales en la ejecución de obras civiles, tomando como base un censo aplicado a 71 participantes relacionados con el sector de la construcción (ingenieros, residentes de obra, maestros y personas de la comunidad de influencia). La metodología se centró en la aplicación de una encuesta estructurada de 10 preguntas cerradas, diseñada para medir la percepción, el nivel de satisfacción y el grado de conocimiento sobre la gestión de cronograma, presupuesto y cumplimiento contractual en obras civiles.

El instrumento fue aplicado en las inmediaciones del área de influencia del proyecto, garantizando una muestra representativa de los actores involucrados directa e indirectamente en los procesos constructivos. Cada pregunta fue elaborada con base en las dimensiones clave del PMBOK (7ª Edición) y la metodología P2M, abarcando factores de planificación, control de costos, gestión de riesgos, asignación de recursos y desempeño del contratista.

Los datos fueron recolectados mediante herramientas digitales de formularios en línea (Google Forms), lo que permitió obtener información confiable, homogénea y cuantificable. Los resultados obtenidos se representaron mediante gráficos de barras y diagramas circulares, destacando entre ellos que el 76,1% de los encuestados atribuye los retrasos a una mala planificación y ejecución del cronograma de obra, y que el 80,3% considera que estos retrasos conllevan consecuencias legales para el contratista, evidenciando la importancia de la gestión técnica y administrativa en la ejecución de proyectos.

Posteriormente, los datos fueron organizados, tabulados y analizados para determinar tendencias, identificar deficiencias y correlacionar los hallazgos con las buenas prácticas de las metodologías PMBOK y P2M, las cuales servirán de base para proponer estrategias de mejora en la planificación, control y sostenibilidad del proyecto. En una segunda etapa, se estimará la cantidad de familias residentes en las inmediaciones del proyecto, con el fin de aplicar una encuesta de percepción y nivel de satisfacción posterior a la ejecución de la obra, orientada a evaluar el impacto social y la efectividad del proyecto desde la perspectiva comunitaria, consolidando así una visión integral técnica y social de la gestión de este.

### **1.5.5 Fuentes de Información (Primarias y Secundarias)**

La presente investigación se sustentó en la recolección y análisis de fuentes de información primarias y secundarias, con el propósito de obtener una visión integral, contrastada y técnicamente fundamentada sobre la gestión del cronograma y presupuesto en la ejecución de obras civiles hidráulicas. Esta combinación metodológica permitió validar la coherencia entre la información técnica, administrativa y la percepción social, garantizando la fiabilidad y representatividad de los hallazgos obtenidos.

Las fuentes primarias comprenden los datos recolectados directamente de los actores involucrados en el desarrollo y ejecución del proyecto. Estas incluyen, en primer lugar, la aplicación de encuestas estructuradas a las familias residentes en el área de influencia directa del proyecto, con el fin de evaluar su nivel de satisfacción, percepción de impacto social, ambiental y económico, así como la valoración de la necesidad y pertinencia de la obra civil en su entorno. De igual forma, se incorporó como fuente primaria la información proveniente del equipo técnico-administrativo del proyecto, conformado por profesionales en ingeniería, interventoría y gestión de obra, quienes aportaron datos cualitativos y cuantitativos sobre la planificación, ejecución, control y seguimiento del cronograma y presupuesto. Este grupo de expertos constituyó un insumo esencial para comprender los factores técnicos y administrativos

que incidieron en los resultados operativos del proyecto, permitiendo contrastar la visión comunitaria con la institucional y profesional.

Por otro lado, las fuentes secundarias están integradas por documentos oficiales y registros administrativos asociados al proceso contractual y técnico del proyecto. Entre estos se destacan:

- El contrato de obra y sus anexos técnicos, que definen las obligaciones, alcance, cronogramas, costos estimados y especificaciones constructivas.
- Los informes de interventoría y supervisión, que evidencian el avance físico y financiero, las desviaciones registradas y las medidas correctivas adoptadas durante la ejecución.
- Las actas de comité de obra, informes de seguimiento y reportes de modificación contractual, que permiten analizar las decisiones tomadas frente a los retrasos o sobrecostos identificados.

En conjunto, las fuentes primarias —comunidad beneficiada y equipo técnico-administrativo— y las secundarias —documentación contractual e informes técnicos—, proporcionan una visión holística del objeto de estudio. Mientras las primeras permiten captar la percepción humana, social y profesional del desempeño del proyecto, las segundas aportan la evidencia documental y normativa necesaria para verificar el grado de cumplimiento del cronograma, la eficiencia presupuestal y la coherencia entre planificación y ejecución. Esta integración de perspectivas convierte el análisis en un ejercicio robusto de investigación aplicada, fortaleciendo las conclusiones y aportes técnicos al campo de la gestión de proyectos de ingeniería civil.

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 2 Población y muestra – Resultados Encuesta

## 2. ESTUDIOS Y EVALUACIONES

### 2.1 Estudio de Mercado

#### 2.1.1 Población

El análisis poblacional constituye un elemento fundamental en la determinación de la demanda potencial de obras civiles en Colombia. El país cuenta con una población estimada en 52,1 millones de habitantes para 2024 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2024), de los cuales aproximadamente el 77 % reside en zonas urbanas, mientras que el 23 % permanece en áreas rurales. Este comportamiento refleja una tendencia sostenida hacia la urbanización, fenómeno que impulsa la necesidad de proyectos de vivienda, infraestructura de transporte, saneamiento básico, servicios públicos y equipamientos colectivos en las principales ciudades y sus periferias.

La dinámica demográfica del país muestra que cerca del 65 % de la población se encuentra en edad económicamente activa (entre 15 y 64 años), lo cual genera una presión constante sobre el mercado laboral, la movilidad y la infraestructura social (Banco Mundial, 2023). De igual manera, el envejecimiento progresivo de la población ha comenzado a visibilizarse en la estructura demográfica nacional: la proporción de adultos mayores pasó de un 8,9 % en 2010 a un 13,2 % en 2023 (DANE, 2024). Este fenómeno plantea nuevos retos en la planificación de proyectos de salud, centros de atención especializada y viviendas adaptadas a poblaciones vulnerables.

Desde el enfoque de la gestión de proyectos, comprender la composición y proyección de la población permite dimensionar la magnitud de la demanda de obras civiles. Por ejemplo, la urbanización acelerada en regiones metropolitanas como Bogotá, Medellín y Cali demanda la construcción de sistemas integrados de transporte, vías de acceso, colegios, hospitales y redes de acueducto y alcantarillado (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2023). En contraste, las zonas rurales, donde aún se concentra el 68 % de la red vial terciaria en condiciones deficientes, requieren intervenciones que garanticen conectividad y acceso a servicios básicos (Ministerio de Transporte, 2023).

La guía metodológica desarrollada en esta tesis, basada en estándares de gestión de proyectos como el PMI (Project Management Institute, 2021) y el modelo japonés P2M (Project and Program Management for Enterprise Innovation, 2017), se convierte en un instrumento estratégico para responder a estas necesidades poblacionales. Al optimizar cronogramas y presupuestos, la guía facilita que tanto entidades públicas como empresas privadas puedan

ejecutar proyectos de infraestructura más ajustados a las realidades demográficas y territoriales. En otras palabras, la población no se entiende únicamente como una variable estadística, sino como un determinante de la planeación estratégica de la inversión en obras civiles.

Finalmente, es necesario destacar que la población colombiana también presenta heterogeneidades territoriales significativas. Regiones como la Amazonía y la Orinoquía poseen densidades poblacionales bajas, pero con alta demanda de proyectos de conectividad y sostenibilidad ambiental. Por el contrario, la región Caribe y el eje cafetero, con mayor concentración de habitantes en áreas urbanas, requieren inversiones en movilidad y vivienda social. Estas disparidades hacen evidente la necesidad de contar con metodologías robustas de gestión que permitan priorizar proyectos según criterios de impacto social, cobertura poblacional y optimización de recursos.

En síntesis, el análisis poblacional confirma que el mercado de la construcción en Colombia es amplio, diverso y en expansión. La guía metodológica propuesta se presenta como un activo de gestión aplicable a diferentes contextos poblacionales, garantizando que los proyectos de obra civil no solo respondan a las tendencias demográficas, sino que además lo hagan de manera eficiente, transparente y sostenible.

### **2.1.2 Proyección Demanda del Mercado**

La proyección de la demanda de obras civiles en Colombia se encuentra estrechamente vinculada a las tendencias demográficas, económicas y de planificación estatal. De acuerdo con el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2023), el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 establece como prioridad la inversión en proyectos de infraestructura de transporte, vivienda social, vías terciarias y energías limpias. Estos lineamientos gubernamentales marcan un horizonte de demanda creciente para el sector constructor, especialmente en los próximos diez años.

Uno de los principales factores que explican esta tendencia es el déficit habitacional. Según cifras del Ministerio de Vivienda (2023), más de 1,2 millones de hogares en Colombia carecen de una vivienda adecuada, lo cual impulsa la necesidad de programas de construcción de interés social, tanto en áreas urbanas como rurales. Este déficit se combina con el fenómeno de la urbanización acelerada, que concentra la demanda en ciudades como Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla, pero también la expande hacia municipios intermedios que han experimentado un crecimiento poblacional sostenido en los últimos años.

Otro aspecto relevante es el estado de la infraestructura vial, particularmente de la red terciaria. El Ministerio de Transporte (2023) reporta que el 68 % de las vías terciarias presenta condiciones deficientes, lo que limita la conectividad rural y el acceso a mercados, servicios de salud y educación. Esta brecha constituye un motor de demanda para proyectos de pavimentación, rehabilitación y construcción de nuevas vías, con énfasis en programas de inclusión territorial y desarrollo rural.

El sector de la infraestructura social también refleja una alta demanda insatisfecha. El Ministerio de Educación (2022) identificó la necesidad de construir y adecuar más de 3.000 colegios en el país, mientras que el Ministerio de Salud (2022) señaló que existe un déficit de hospitales y centros de atención primaria en al menos 400 municipios. Estas necesidades incrementan la presión sobre la inversión pública en proyectos sociales, consolidando un mercado atractivo para empresas constructoras especializadas en este tipo de infraestructura.

Desde la perspectiva de la inversión privada, se proyecta un aumento en la demanda de proyectos de infraestructura logística, portuaria y energética. La Agencia Nacional de Infraestructura (ANI, 2023) estima que los proyectos de quinta generación (5G) movilizarán más de 50 billones de pesos en inversiones durante la próxima década, generando un portafolio de oportunidades significativo para el sector constructor.

La demanda de proyectos no solo se mide en volumen de obras, sino también en la exigencia de calidad y eficiencia. En este contexto, la guía metodológica desarrollada en esta tesis, basada en estándares internacionales como PMI (2021) y P2M (2017), adquiere un valor diferencial. Su aplicación permite que tanto entidades públicas como privadas respondan a la creciente demanda con proyectos mejor planificados, con cronogramas realistas y presupuestos optimizados. De esta forma, no solo se atienden las necesidades inmediatas de infraestructura, sino que se fortalece la sostenibilidad y la competitividad del sector.

A mediano plazo, la proyección de la demanda también se encuentra influenciada por factores externos como la transición energética y el cambio climático. El compromiso del país con la reducción de emisiones y la construcción sostenible (Ministerio de Ambiente, 2023) impulsa la demanda de proyectos que integren energías renovables, materiales ecológicos y prácticas de eficiencia energética. Este contexto abre nuevas oportunidades para constructoras innovadoras que implementen metodologías modernas de gestión de proyectos, como las que propone la presente guía.

En conclusión, la demanda de obras civiles en Colombia se proyecta en crecimiento constante, impulsada por la urbanización, el déficit habitacional, la modernización de infraestructura vial y social, y la transición hacia un modelo de desarrollo sostenible. La guía

metodológica propuesta en esta tesis se presenta como una herramienta clave para que empresas y entidades públicas puedan responder a esta demanda de manera más eficiente, garantizando el cumplimiento de cronogramas, presupuestos y estándares de calidad.

### 2.1.3 Proyección Oferta del Mercado

La oferta en el sector de la construcción de obras civiles en Colombia está determinada por la capacidad instalada de empresas constructoras, firmas de ingeniería, contratistas independientes y consorcios nacionales e internacionales. De acuerdo con la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol, 2023), en el país existen más de 50.000 empresas registradas en actividades de construcción, lo cual refleja un mercado amplio y competitivo. Sin embargo, la distribución de la oferta no es homogénea, ya que un grupo reducido de grandes contratistas concentra la adjudicación de proyectos de infraestructura de gran escala, mientras que la mayoría de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) participan en proyectos de menor envergadura, especialmente en vivienda y obras urbanas.

En términos de tendencia, la oferta se proyecta en crecimiento moderado, impulsada por la continuidad de megaproyectos de transporte y energía, así como por la expansión de la demanda de vivienda social y no VIS. No obstante, esta expansión enfrenta retos estructurales que limitan la capacidad de respuesta de la oferta:

- **Costos crecientes de materiales** como cemento, acero y combustibles, altamente sensibles a la inflación y a la tasa de cambio (Banco de la República, 2023).
- **Disponibilidad limitada de mano de obra calificada**, especialmente en oficios especializados como soldadura, topografía y manejo de maquinaria pesada.
- **Procesos burocráticos y normativos** en la contratación pública, que aumentan los tiempos de adjudicación y ejecución de proyectos.
- **Brechas tecnológicas**: muchas PYMES carecen de herramientas de gestión modernas como BIM, sistemas de control de costos en tiempo real y metodologías de valor ganado.

Estos factores generan una tensión en la capacidad de oferta frente a la demanda creciente del mercado. Si bien las grandes constructoras cuentan con músculo financiero y tecnológico para responder a proyectos de alta complejidad, la mayoría de las empresas medianas y pequeñas requieren fortalecer sus procesos de planeación y control para competir de manera efectiva en licitaciones públicas y privadas.

En este escenario, la guía metodológica propuesta en esta tesis se posiciona como un instrumento de nivelación competitiva. Al incorporar prácticas del Project Management Institute (PMI, 2021) y del modelo japonés P2M (2017), la guía ofrece un marco estructurado que permite a las empresas de todos los tamaños optimizar cronogramas, presupuestos y gestión de riesgos. Para las PYMES, su implementación puede significar un salto en productividad y capacidad de adjudicación de contratos, mientras que para las grandes firmas constituye un mecanismo de eficiencia y transparencia que fortalece su posicionamiento frente a entidades públicas y clientes privados.

La proyección de la oferta también debe analizarse desde la perspectiva de la inversión extranjera. En los últimos años, compañías internacionales han mostrado interés en participar en proyectos de concesiones viales, energéticas y de transporte masivo en Colombia (ANI, 2023). Este fenómeno introduce un nivel de competencia más alto, que obliga a las empresas locales a adoptar estándares internacionales de gestión para mantenerse competitivas.

Finalmente, se estima que la oferta del mercado de construcción en Colombia crecerá a tasas anuales del 3 % al 4 % hacia 2030, condicionada por la estabilidad macroeconómica, la inversión pública y la capacidad de las empresas para modernizarse (DNP, 2023). En este contexto, la guía metodológica no solo se convierte en una herramienta para fortalecer la oferta nacional, sino también en un puente de homologación que facilita la participación de empresas colombianas en alianzas estratégicas con actores internacionales, al demostrar que operan bajo marcos de gestión reconocidos globalmente.

En conclusión, aunque la oferta de obras civiles en Colombia es amplia, enfrenta limitaciones en productividad, acceso a tecnología y gestión eficiente de proyectos. La guía desarrollada en esta tesis representa una respuesta a estas limitaciones, al proveer un marco metodológico que incrementa la competitividad y sostenibilidad de las empresas del sector frente a los retos actuales y futuros.

#### **2.1.4 Punto Equilibrio Oferta – Demanda del Mercado**

El análisis del punto de equilibrio entre oferta y demanda en el sector de la construcción de obras civiles en Colombia permite comprender la relación entre la capacidad instalada de las empresas constructoras y las necesidades poblacionales e institucionales de infraestructura. En términos teóricos, el equilibrio se alcanza cuando la cantidad de proyectos ejecutados por la oferta satisface plenamente la demanda de la población y las políticas estatales (Kotler & Keller, 2016). Sin embargo, en el caso colombiano, la evidencia muestra que la demanda

supera de manera sistemática a la oferta, lo cual se traduce en déficits históricos de vivienda, cobertura vial y equipamientos sociales.

En el ámbito habitacional, el déficit supera 1,2 millones de viviendas (Ministerio de Vivienda, 2023), mientras que la capacidad constructiva anual de las empresas no alcanza a suplir este rezago. En infraestructura vial, la red terciaria presenta un 68 % en condiciones deficientes (Ministerio de Transporte, 2023), lo que refleja una brecha significativa entre las necesidades territoriales y la capacidad de ejecución de proyectos. Este desbalance estructural ha persistido durante décadas, producto de restricciones presupuestales, debilidades en la gestión pública y limitaciones técnicas y financieras de los contratistas.

Desde la perspectiva de la oferta, si bien existen más de 50.000 empresas vinculadas al sector (Camacol, 2023), muchas de ellas carecen de los recursos financieros y tecnológicos para responder a proyectos de gran escala. Por su parte, las grandes firmas concentran los contratos de infraestructura mayor, pero aun así no logran cubrir la totalidad de la demanda nacional. El resultado es un punto de equilibrio desplazado hacia una demanda insatisfecha, en donde la capacidad de ejecución no logra alcanzar los niveles requeridos por el país.

La importancia de este análisis radica en que identifica una oportunidad estratégica: las empresas que logren mejorar sus niveles de eficiencia, innovación y gestión de proyectos podrán captar una porción significativa de este mercado insatisfecho. En este sentido, la guía metodológica desarrollada en esta tesis se convierte en un factor habilitador del equilibrio, al permitir que los oferentes reduzcan costos, optimicen cronogramas y mejoren la trazabilidad de la ejecución. Esto aumenta la capacidad de respuesta de las empresas frente a la creciente demanda.

Además, desde la óptica del sector público, el desequilibrio entre oferta y demanda se refleja en retrasos y sobrecostos en la ejecución de proyectos financiados con recursos estatales. La implementación de metodologías internacionales como PMI (2021) y P2M (2017), a través de la guía propuesta, ofrece una alternativa para fortalecer la planeación y ejecución pública, lo que permite acelerar la ejecución presupuestal y disminuir los riesgos de incumplimiento.

Un aspecto adicional es que el desequilibrio no es uniforme en todo el territorio. En grandes ciudades como Bogotá y Medellín la oferta es más diversificada, mientras que en regiones apartadas (Amazonía, Orinoquía, Chocó) la limitada presencia de empresas constructoras profundiza la brecha. La guía metodológica, al incorporar criterios de optimización de recursos y gestión de riesgos, puede adaptarse a estos contextos regionales, permitiendo que proyectos en zonas con menor capacidad instalada se ejecuten de manera más eficiente.

En conclusión, el punto de equilibrio en el mercado de obras civiles en Colombia se encuentra desplazado hacia un escenario de demanda insatisfecha, lo cual representa tanto un desafío estructural como una oportunidad de crecimiento. La guía propuesta actúa como un mecanismo para acercar la oferta a la demanda, incrementando la competitividad de las empresas, mejorando la eficiencia de la inversión pública y garantizando que los proyectos de infraestructura respondan de manera más oportuna y sostenible a las necesidades de la población.

### **2.1.5 Pronóstico de Ventas y Comercialización del Producto**

El pronóstico de ventas en el sector de obras civiles en Colombia no se mide en productos tangibles individuales, sino en el volumen de contratos adjudicados y ejecutados en proyectos de infraestructura. En este sentido, el “producto” que se comercializa es la capacidad de una empresa para planear, ejecutar y entregar proyectos dentro de los parámetros de tiempo, costo y calidad. Bajo esta perspectiva, el valor diferencial de la guía metodológica planteada en esta tesis es que no solo facilita la gestión técnica, sino que se convierte en un insumo estratégico para fortalecer la capacidad de las empresas en procesos de contratación pública y privada.

Las cifras muestran que la inversión en infraestructura en Colombia ha sido sostenida en la última década. Según el Departamento Nacional de Planeación (2023), entre 2015 y 2023 la inversión pública en proyectos de infraestructura superó los 40 billones de pesos anuales, concentrada en vivienda, transporte, energía y saneamiento básico. Asimismo, la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI, 2023) ha proyectado que los programas de quinta generación (5G) movilizarán más de 50 billones de pesos en inversiones durante la próxima década, consolidando un portafolio de oportunidades significativo para el sector constructor. Estas proyecciones indican un mercado en expansión, donde la capacidad de gestión eficiente es un factor decisivo para acceder a los contratos.

En el ámbito privado, la construcción de vivienda y proyectos inmobiliarios constituye otra fuente relevante de ventas. La Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol, 2023) estima que la oferta de vivienda social y no VIS continuará creciendo a tasas entre el 4 % y el 5 % anual hacia 2030, impulsada por la urbanización y el déficit habitacional. Este contexto amplía las oportunidades de comercialización del producto metodológico, ya que las empresas requieren sistemas de gestión que aseguren la viabilidad de proyectos a gran escala con márgenes ajustados.

En cuanto a la comercialización del producto, el documento metodológico desarrollado en esta tesis se puede posicionar en tres modalidades principales:

- **Sector público:** como manual de referencia para licitaciones, interventorías y auditorías de proyectos, demostrando valor agregado en eficiencia y transparencia.
- **Sector privado:** como servicio de consultoría y capacitación, enfocado en constructoras medianas y grandes que buscan incrementar su competitividad en procesos de contratación.
- **Academia y gremios:** como herramienta de formación profesional, con posibilidades de integración en programas de capacitación ofrecidos por universidades y asociaciones gremiales (Camacol, CCI).

La adopción de metodologías estandarizadas también influye en el pronóstico de ventas, pues otorga a las empresas un factor diferenciador frente a la competencia. Mientras muchas constructoras ofertan bajo el criterio del menor precio, aquellas que demuestren un mayor control de cronogramas, optimización de presupuestos y mecanismos de trazabilidad tendrán mayores posibilidades de adjudicación. En este sentido, la guía metodológica constituye un valor agregado que puede traducirse en un aumento en la tasa de éxito en licitaciones y, en consecuencia, en mayores niveles de ventas de proyectos.

Desde la perspectiva de gestión de proyectos, el pronóstico de ventas debe complementarse con un análisis de riesgos. Factores como la volatilidad de precios de materiales, la inflación y la estabilidad política pueden afectar la materialización de contratos. No obstante, la implementación de la guía ofrece un marco para anticipar y mitigar estos riesgos, lo que fortalece la posición competitiva de las empresas en el mercado.

En conclusión, el pronóstico de ventas del sector de obras civiles en Colombia es positivo, con una tendencia de crecimiento sostenido en inversión pública y privada. La comercialización de la guía metodológica propuesta en esta tesis se presenta como un instrumento estratégico que incrementa la capacidad de las empresas para competir y crecer en este mercado, ofreciendo eficiencia, transparencia y valor agregado en la ejecución de proyectos.

### 2.1.6 Factores de Competencia del Mercado y Distintivos del Proyecto

El mercado de la construcción en Colombia presenta una dinámica de competencia caracterizada por la alta presión en precios, el cumplimiento normativo y la capacidad de innovación de las empresas. En los procesos de contratación pública, regulados por la Ley 80

de 1993 y sus reformas posteriores, el principal criterio de selección sigue siendo el menor valor ofertado, lo que ha llevado a que las constructoras enfrenten márgenes de rentabilidad reducidos (Colombia Compra Eficiente, 2022). En el sector privado, si bien existe mayor flexibilidad en los criterios de adjudicación, los factores de costo, calidad y cumplimiento contractual siguen siendo determinantes en las decisiones de compra.

Dentro de los factores críticos de competencia se pueden identificar los siguientes:

- **Precio y eficiencia de costos:**

Las empresas deben elaborar propuestas financieras altamente competitivas, ajustadas a precios unitarios de mercado y con márgenes mínimos de utilidad. En este escenario, la optimización de costos mediante metodologías de gestión eficientes se convierte en una ventaja significativa.

- **Experiencia técnica y cumplimiento:**

La experiencia certificada en proyectos similares constituye un requisito esencial en procesos de licitación. Asimismo, el cumplimiento de cronogramas y especificaciones técnicas fortalece la reputación de las empresas y determina su capacidad para participar en contratos futuros.

- **Calidad y sostenibilidad:**

En los últimos años, la calidad de las obras se ha consolidado como un criterio diferenciador, complementado con prácticas de sostenibilidad ambiental y responsabilidad social empresarial (Ministerio de Ambiente, 2023). La construcción sostenible y la eficiencia energética se perfilan como estándares competitivos crecientes.

- **Innovación tecnológica:**

El uso de herramientas como Building Information Modeling (BIM), sistemas de trazabilidad digital y control de costos en tiempo real son factores que incrementan la competitividad, al permitir una planificación más precisa y la reducción de desperdicios.

- **Gestión de riesgos y financiamiento:**

La capacidad para anticipar riesgos técnicos, financieros y contractuales es fundamental. De igual manera, la solidez en el acceso a financiamiento constituye un criterio de selección importante en proyectos de gran escala.

En este contexto de alta competencia, la guía metodológica desarrollada en la tesis representa un distintivo clave del proyecto, pues incorpora prácticas internacionales reconocidas como PMI (2021) y P2M (2017), adaptadas al entorno colombiano. Los principales elementos diferenciadores de la guía son:

- **Optimización del cronograma y presupuesto:** permite reducir costos indirectos y tiempos de ejecución, aumentando la rentabilidad sin sacrificar la calidad.
- **Implementación del Valor Ganado (EVM):** integra la medición simultánea de costo, tiempo y avance físico, brindando mayor transparencia y control al cliente.
- **Adaptabilidad a proyectos de diferente escala:** la guía puede aplicarse en obras de mínima cuantía, proyectos medianos o megaproyectos de infraestructura, ajustando su nivel de complejidad según las necesidades.
- **Alineación con buenas prácticas internacionales:** su diseño basado en PMI y P2M facilita la homologación de procesos con empresas extranjeras, potenciando alianzas estratégicas en licitaciones de gran escala.
- **Enfoque en sostenibilidad y gestión integral:** al considerar el ciclo de vida completo de los proyectos, la guía promueve la eficiencia de recursos, la reducción de riesgos y el cumplimiento de estándares ambientales y sociales.

En conclusión, mientras la competencia en el sector constructor colombiano sigue centrada en el precio y la experiencia, la guía metodológica se configura como un factor diferenciador de orden técnico y estratégico. Su aplicación incrementa la capacidad de las empresas para competir en mercados públicos y privados, no únicamente por ser las más baratas, sino por garantizar proyectos más eficientes, sostenibles y trazables, lo cual se traduce en un valor agregado tanto para el contratista como para el cliente final.

### 2.1.7 Determinación de Precio(s) / Estrategias de Comercialización del Producto

La determinación de precios en el sector de la construcción de obras civiles en Colombia está directamente relacionada con la metodología de análisis de precios unitarios (APU), que constituye la base de las propuestas financieras presentadas en procesos de contratación pública y privada. El APU integra costos directos (materiales, mano de obra y equipos), costos indirectos, utilidad e imprevistos, ajustados a las condiciones específicas del proyecto (Ministerio de Transporte, 2023). Este modelo es particularmente relevante en un mercado

caracterizado por licitaciones de alta competencia, donde la oferta económica más baja suele ser determinante en la adjudicación (Colombia Compra Eficiente, 2022).

Sin embargo, la fijación de precios en proyectos de construcción no puede limitarse a una competencia por el menor costo. Factores como la volatilidad en los precios de los insumos, el aumento de los costos logísticos y la devaluación de la moneda generan riesgos financieros que deben ser anticipados en la estrategia de precios. Según la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol, 2023), los incrementos en el acero y el cemento han oscilado entre un 10 % y un 25 % anual en los últimos cinco años, lo que obliga a las empresas a diseñar propuestas económicas flexibles y resilientes frente a la inflación.

En este contexto, la guía metodológica desarrollada en esta tesis ofrece un valor agregado al proceso de determinación de precios, ya que permite:

Optimizar presupuestos: mediante la integración de metodologías PMI (2021) y P2M (2017), se garantiza que los costos sean realistas y ajustados a cronogramas optimizados.

Reducir imprevistos financieros: al incluir análisis de riesgos y escenarios alternativos, se disminuye la exposición de las empresas a variaciones abruptas de precios.

Generar confianza en el cliente: al demostrar que la propuesta económica se sustenta en una metodología reconocida, se incrementa la credibilidad frente a entidades públicas y privadas.

En cuanto a las estrategias de comercialización del producto, entendido como la guía metodológica aplicada al sector de la construcción, estas pueden desarrollarse en tres frentes principales:

- Sector público: posicionar la guía como herramienta complementaria en procesos de licitación y en la labor de interventoría. Al demostrar eficiencia en cronogramas y presupuestos, la guía fortalece la transparencia y reduce los riesgos de incumplimiento en contratos financiados con recursos del Estado.
- Sector privado: ofrecer la guía como un servicio de consultoría y capacitación especializada, dirigido a constructoras medianas y grandes que buscan aumentar su competitividad en licitaciones nacionales e internacionales. Esta estrategia puede complementarse con certificaciones institucionales que acrediten el uso de metodologías internacionales de gestión de proyectos.
- Estrategia gremial y académica: promover la guía en alianzas con universidades, centros de investigación y asociaciones como Camacol y la Cámara Colombiana de la Infraestructura (CCI). Estas entidades actúan como multiplicadores al incluir la

metodología en programas de formación y actualización profesional, ampliando su alcance en todo el sector.

Finalmente, se recomienda una estrategia de marketing basada en la diferenciación por valor agregado, y no en el precio más bajo. En un mercado donde la competencia se centra en minimizar márgenes, la guía ofrece una ventaja competitiva al enfocarse en optimización, sostenibilidad y eficiencia comprobable, lo cual se traduce en un aumento de la tasa de éxito en licitaciones y en mayores oportunidades de adjudicación para las empresas que la adopten.

## **2.2 Estudio Técnico**

### **2.2.1 Definición Técnica y Conceptual del Proyecto – Producto**

El estudio técnico de un proyecto de construcción busca determinar la viabilidad de su ejecución desde una perspectiva de ingeniería, organización y gestión de recursos. En el contexto de esta tesis, el “producto” objeto de análisis no es únicamente la obra física, sino la guía metodológica desarrollada bajo los lineamientos del Project Management Institute (PMI, 2021) y el modelo japonés P2M (2017). Esta guía constituye un activo intangible de alto valor estratégico, pues actúa como un marco de referencia que fortalece la capacidad de planeación, ejecución y control de proyectos en el sector de la construcción en Colombia.

Desde un punto de vista técnico, el producto puede definirse como un instrumento metodológico que estandariza procesos de gestión de proyectos de obra civil, con especial énfasis en la optimización de cronogramas y presupuestos. En este sentido, no se trata únicamente de un manual teórico, sino de una herramienta práctica que puede implementarse en proyectos de mínima cuantía, de mediana envergadura o en megaproyectos de infraestructura, ajustando su complejidad a la naturaleza del contrato.

Conceptualmente, la guía responde a tres pilares fundamentales:

- Planeación estratégica y operativa: mediante la descomposición del trabajo (EDT), la definición de cronogramas realistas y el establecimiento de presupuestos ajustados a las condiciones de mercado.
- Gestión del desempeño y control: a través del uso del método de Valor Ganado (EVM), que permite relacionar simultáneamente el avance físico, el costo real y el tiempo planificado, garantizando trazabilidad y transparencia.
- Sostenibilidad y competitividad: al incluir criterios de eficiencia energética, sostenibilidad ambiental y gestión de riesgos, la guía se convierte en una

herramienta alineada con las exigencias actuales del sector constructor en Colombia.

El valor agregado de este producto radica en su capacidad de ser comercializado como un servicio de consultoría, capacitación e implementación en entidades públicas y privadas. Para el sector público, la guía puede integrarse como referencia en procesos de licitación, interventoría y auditoría, fortaleciendo la transparencia y reduciendo riesgos de incumplimiento. Para el sector privado, representa un mecanismo de mejora continua que incrementa la competitividad en licitaciones y garantiza mayor rentabilidad en los proyectos ejecutados.

Además, la guía aporta una visión integral del ciclo de vida del proyecto. No se limita a la fase de ejecución, sino que abarca la identificación de necesidades, la planeación, la implementación y el cierre, promoviendo la gestión del conocimiento y la retroalimentación organizacional. Esta característica es consistente con los postulados del estándar PMBOK 7<sup>a</sup> edición, que resalta la importancia de los principios y dominios de desempeño sobre los procesos rígidos (PMI, 2021).

### **2.2.2 Ingeniería del Proyecto – Procesos Productivos**

La ingeniería del proyecto en el sector de la construcción comprende la definición, organización y gestión de los procesos productivos necesarios para llevar una obra civil desde la fase de planeación hasta la entrega final. En el contexto de esta tesis, dichos procesos no se limitan a las actividades constructivas tradicionales, sino que integran la aplicación de la guía metodológica basada en PMI y P2M, cuyo objetivo es optimizar el uso de los recursos, garantizar el cumplimiento de los cronogramas y mejorar la eficiencia en la ejecución presupuestal.

El proceso productivo en una obra civil en Colombia puede dividirse en cinco grandes fases:

- **Planeación Técnica y Económica**

En esta etapa se define el alcance del proyecto, se construye la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) y se establecen los precios unitarios (APU) que conforman el presupuesto. Aquí, la guía metodológica incorpora herramientas como el análisis de riesgos, los buffers estratégicos y la simulación de escenarios, permitiendo una planeación más realista y ajustada al contexto de volatilidad en los precios de materiales (Camacol, 2023).

- **Diseño E Ingeniería de Detalle**

Una vez definido el alcance, se generan los planos y especificaciones técnicas. En esta fase, la integración de tecnologías como Building Information Modeling (BIM) facilita la coordinación interdisciplinaria, reduciendo errores y reprocesos. La guía metodológica refuerza este proceso al establecer mecanismos de control de calidad en la información y alinearla con los cronogramas y presupuestos optimizados.

- **Ejecución de Obra**

Corresponde al desarrollo físico de las actividades constructivas. La productividad depende del suministro continuo de materiales, la disponibilidad de mano de obra calificada y la correcta operación de equipos. La guía metodológica propone implementar el método de Valor Ganado (EVM), lo cual permite monitorear simultáneamente los indicadores de costo y tiempo. De esta forma, se pueden detectar desviaciones tempranas y aplicar medidas correctivas antes de que impacten de manera significativa el proyecto.

- **Supervisión, Control y Aseguramiento de la Calidad**

La interventoría y supervisión son procesos obligatorios en proyectos de obra pública en Colombia (Ley 80 de 1993 y Ley 1474 de 2011). En este punto, la guía metodológica plantea la adopción de indicadores de desempeño (KPIs) que midan no solo el avance físico, sino también la eficiencia en costos, seguridad industrial y sostenibilidad ambiental. Estos indicadores generan información para la toma de decisiones y fortalecen la trazabilidad frente a auditores y entes de control.

- **Cierre y Retroalimentación**

El cierre de un proyecto implica la entrega oficial de la obra, la liquidación de contratos y la documentación de lecciones aprendidas. La guía enfatiza en la gestión del conocimiento, recomendando la creación de repositorios de experiencias que alimenten futuros proyectos. Este enfoque es coherente con el estándar P2M (2017), que resalta la innovación organizacional y la mejora continua como parte del proceso productivo.

### 2.2.3 Tamaño del Proyecto

El tamaño de un proyecto de construcción se define como la capacidad productiva y operativa necesaria para cumplir con los objetivos establecidos en términos de alcance, cronograma y presupuesto. En el sector de obras civiles en Colombia, el tamaño no solo se mide en función de la magnitud física de la obra (metros cuadrados, kilómetros de vía o número de unidades de vivienda), sino también en relación con la inversión requerida, el volumen de recursos humanos y técnicos, y la complejidad administrativa que implica su ejecución.

- **Determinación del Tamaño en Función de la Demanda**

La definición del tamaño del proyecto debe responder directamente al análisis de la demanda realizado en el estudio de mercado (Capítulo 6). En ciudades con alta densidad poblacional, como Bogotá o Medellín, se requieren proyectos de gran escala (megaproyectos de transporte o vivienda masiva), mientras que en municipios intermedios o rurales el tamaño tiende a ajustarse a obras de menor cuantía, como pavimentación de vías terciarias o construcción de equipamientos comunitarios. En este sentido, la guía metodológica propuesta en esta tesis facilita la alineación entre la magnitud del proyecto y las necesidades de la población, asegurando pertinencia social y sostenibilidad financiera.

- **Capacidad Instalada y Disponibilidad de Recursos**

El tamaño del proyecto también depende de la capacidad instalada de la empresa constructora y de los recursos disponibles en el mercado. Proyectos de gran envergadura exigen una mayor disponibilidad de mano de obra calificada, equipos especializados y financiamiento robusto. No obstante, en Colombia, muchas PYMES del sector carecen de esta capacidad y concentran su participación en proyectos de menor escala. La guía metodológica se convierte en un mecanismo que permite a estas empresas maximizar su productividad, mediante la optimización de cronogramas y presupuestos, incrementando así su capacidad para abordar proyectos de mayor tamaño.

- **Economías de Escala y Costos Unitarios**

En términos económicos, los proyectos de mayor tamaño suelen beneficiarse de economías de escala, lo que significa que el costo unitario de producción disminuye al aumentar el volumen total de obra. Sin embargo, estas economías solo se materializan si existe

una gestión eficiente que controle desperdicios, retrasos y sobrecostos. La aplicación del método de Valor Ganado (EVM), incluido en la guía metodológica, asegura que las empresas puedan medir en tiempo real la eficiencia de costos y ajustar sus procesos para aprovechar estas economías.

- **Factores Técnicos y Ambientales**

La magnitud del proyecto también está condicionada por factores técnicos (capacidad de los suelos, disponibilidad de servicios públicos, restricciones normativas) y ambientales (licencias, impacto ecológico, gestión del riesgo climático). En proyectos de gran escala, estos factores adquieren mayor relevancia y pueden representar cuellos de botella significativos. La guía metodológica integra desde la etapa de planeación temprana un análisis multicriterio que pondera estos elementos, garantizando que la definición del tamaño del proyecto sea realista y acorde al contexto territorial.

## **2.2.4 Localización del Proyecto**

La localización de un proyecto de construcción constituye un factor determinante en su viabilidad técnica, económica y social. En el caso colombiano, la elección del lugar donde se desarrolla una obra civil está condicionada por variables geográficas, demográficas, económicas, ambientales y normativas. Desde la perspectiva de la presente tesis, que busca implementar una guía metodológica de gestión de proyectos basada en PMI y P2M, la localización no solo se analiza como un punto físico, sino como un componente estratégico que incide en los costos, los plazos y la sostenibilidad del proyecto.

- **Factores Geográficos y de Infraestructura Existente**

Colombia presenta una geografía diversa y compleja, caracterizada por tres cordilleras andinas, extensas llanuras y una vasta red hidrográfica. Estas condiciones generan retos significativos en la construcción de vías, puentes, túneles y edificaciones. La accesibilidad al terreno y la cercanía a centros urbanos o corredores logísticos influyen directamente en los costos de transporte de materiales y en la disponibilidad de mano de obra. Por ejemplo, proyectos en zonas rurales apartadas pueden incrementar los costos hasta en un 30 % respecto a proyectos localizados en áreas urbanas consolidadas (DNP, 2023).

- **Factores Socioeconómicos y Demográficos**

La localización de obras de infraestructura está directamente vinculada con las necesidades de la población. En ciudades como Bogotá, Medellín y Cali, la alta densidad demográfica impulsa la construcción de vivienda social y proyectos de transporte masivo, mientras que en regiones como la Orinoquía y la Amazonía las prioridades se centran en conectividad vial y acceso a servicios básicos. En este sentido, la guía metodológica aporta al análisis de localización al establecer criterios de priorización basados en la proyección de demanda y en los beneficios socioeconómicos esperados.

- **Factores Normativos y de Contratación Pública**

En el sector público, la localización de proyectos responde a planes de ordenamiento territorial (POT), planes de desarrollo y lineamientos del Plan Maestro de Transporte Intermodal (PMTI). Estos marcos normativos condicionan la factibilidad del proyecto y definen requisitos ambientales, de uso del suelo y de participación comunitaria. La guía metodológica incorpora este aspecto al integrar en la planeación temprana el análisis de regulaciones locales, reduciendo riesgos de retrasos por trámites o conflictos legales.

- **Factores Ambientales y de Sostenibilidad**

La localización también debe evaluarse desde una perspectiva ambiental. En zonas de alta biodiversidad, como el Pacífico colombiano o la Amazonía, los proyectos enfrentan restricciones por licencias ambientales y deben cumplir con estrictas medidas de mitigación de impactos. Aquí, la guía metodológica se convierte en un instrumento para garantizar que la planificación incorpore la gestión ambiental y la evaluación de riesgos climáticos, alineándose con las políticas de construcción sostenible del Ministerio de Ambiente (2023).

- **Factores de Competitividad y Costos Logísticos**

La localización influye en la competitividad del proyecto. Una obra cercana a proveedores de materiales, centros de acopio y corredores logísticos reduce costos y tiempos. En contraste, la ejecución en zonas de difícil acceso puede aumentar la dependencia de la importación de insumos o la contratación de mano de obra especializada externa. La guía metodológica recomienda la incorporación de criterios de análisis multicriterio (AMC) para seleccionar la

localización óptima, considerando no solo los costos directos, sino también los impactos sociales y ambientales.

- **Escalabilidad y Replicabilidad**

Un aspecto central en la definición del tamaño es la escalabilidad del proyecto, entendida como la posibilidad de ampliar su alcance o replicarlo en otros contextos con ajustes mínimos. En el sector constructor colombiano, esta característica es clave para programas de vivienda social, construcción modular y proyectos de infraestructura vial. La guía metodológica potencia la escalabilidad al estandarizar procesos de planeación, ejecución y control, lo que permite replicar proyectos con mayor rapidez y eficiencia.

- **Ingeniería Administrativa del Proyecto**

La ingeniería administrativa de un proyecto se refiere al conjunto de estructuras organizacionales, procesos de gestión y mecanismos de control que permiten coordinar de manera eficiente los recursos humanos, financieros y técnicos para garantizar el cumplimiento de los objetivos del proyecto. En el caso de los proyectos de construcción en Colombia, esta dimensión cobra especial relevancia, ya que la complejidad de los contratos, la diversidad de actores involucrados y las exigencias normativas requieren de sistemas administrativos sólidos y transparentes.

### **2.2.5 Organización del Proyecto**

La organización de un proyecto de obra civil se articula mediante un organigrama operativo, que define los roles y responsabilidades de los distintos actores. Dependiendo de la magnitud del proyecto, esta estructura puede ser jerárquica o matricial. En proyectos de mínima cuantía, suele bastar un esquema simplificado compuesto por un ingeniero residente, dos maestros de obra, un responsable de seguridad y salud en el trabajo (SST), un oficial y tres ayudantes. En proyectos de gran escala, la estructura incluye múltiples niveles de dirección, interventoría, comités técnicos y equipos interdisciplinarios. La guía metodológica refuerza esta organización al establecer matrices de responsabilidades (RACI) que aseguran claridad en la asignación de funciones y evitan duplicidades o vacíos administrativos.

- **Gestión de Recursos Humanos**

La administración del talento humano en proyectos de construcción enfrenta retos asociados a la alta rotación de personal, la informalidad laboral y la necesidad de competencias técnicas específicas. La guía metodológica propone implementar planes de capacitación y mecanismos de evaluación del desempeño vinculados a los objetivos del proyecto. Además, recomienda incluir en la planeación indicadores de productividad por cuadrilla, lo que permite alinear el rendimiento de los trabajadores con los cronogramas establecidos.

- **Gestión Financiera y Presupuestal**

Uno de los aspectos más críticos de la ingeniería administrativa es la gestión de los recursos financieros. En Colombia, los sobrecostos en obras públicas han sido históricamente una de las principales causas de ineficiencia (DNP, 2023). La guía metodológica incorpora el uso del método de Valor Ganado (EVM) y sistemas de control de costos en tiempo real, lo cual facilita la comparación entre el presupuesto planificado y el gasto real. Este enfoque reduce los riesgos de desviaciones presupuestales y proporciona información oportuna para la toma de decisiones.

- **Gestión de Riesgos y Cumplimiento Normativo**

La administración de proyectos también implica gestionar los riesgos técnicos, financieros, ambientales y sociales. La guía metodológica establece procedimientos de identificación, evaluación y mitigación de riesgos alineados con estándares internacionales. Asimismo, garantiza el cumplimiento de las normas de contratación pública (Ley 80 de 1993), de seguridad y salud en el trabajo (Ley 1562 de 2012) y de sostenibilidad ambiental. Esta integración reduce la probabilidad de sanciones y conflictos legales, fortaleciendo la transparencia administrativa.

- **Comunicación y Control de la Información**

La coordinación efectiva de un proyecto requiere sistemas de comunicación claros y trazables. La guía propone la implementación de tableros de control (dashboards) que integran cronogramas, costos y riesgos, accesibles para todos los actores clave del proyecto. Este enfoque fortalece la confianza de los clientes y de los entes de control, al garantizar la disponibilidad de información en tiempo real.

- **Gestión del Conocimiento y Mejora Continua**

La ingeniería administrativa no termina con la entrega de la obra; incluye la sistematización de las lecciones aprendidas y la transferencia de conocimiento dentro de la organización. La guía metodológica sugiere la creación de repositorios digitales de proyectos que documenten buenas prácticas, errores comunes y soluciones implementadas. Esta práctica favorece la innovación y la competitividad a largo plazo.

- **Análisis de Localización Óptima del Proyecto**

La determinación de la localización óptima de un proyecto de construcción constituye una de las decisiones estratégicas más relevantes dentro del estudio técnico, ya que impacta directamente en los costos, los plazos, la sostenibilidad ambiental y la aceptación social de la obra. En el contexto colombiano, caracterizado por una geografía diversa, brechas de infraestructura y marcadas desigualdades regionales, este análisis adquiere mayor complejidad y exige el uso de metodologías estructuradas para la toma de decisiones.

- **Criterios de Análisis Multicriterio (AMC)**

La localización óptima no puede definirse únicamente en términos de disponibilidad de terrenos o costos de adquisición, sino que requiere un enfoque integral que considere:

- **Accesibilidad y conectividad:** cercanía a corredores logísticos, vías de acceso y disponibilidad de transporte de materiales.
- **Factores socioeconómicos:** densidad poblacional, crecimiento urbano y necesidades prioritarias de infraestructura.
- **Aspectos normativos y legales:** cumplimiento con Planes de Ordenamiento Territorial (POT), normativas ambientales y restricciones de uso del suelo.
- **Factores ambientales:** impactos ecológicos, vulnerabilidad frente al cambio climático y disponibilidad de recursos hídricos y energéticos.
- **Costos y riesgos asociados:** transporte de insumos, contratación de mano de obra y riesgos geotécnicos.

La guía metodológica desarrollada en esta tesis integra herramientas de análisis multicriterio (AMC) que permiten ponderar estos factores y seleccionar la localización más adecuada en función de la eficiencia técnica y el impacto social.

- **Aplicación en Ee Contexto Colombiano**

En Colombia, la localización de proyectos de infraestructura pública responde en gran medida a políticas estatales como el Plan Maestro de Transporte Intermodal (PMTI) y el Plan Nacional de Desarrollo (DNP, 2023). Sin embargo, la brecha entre planeación y ejecución ha generado proyectos localizados en zonas con dificultades logísticas o ambientales, lo que ha incrementado los costos y los tiempos de ejecución. La aplicación de la guía metodológica puede contribuir a reducir estas brechas al garantizar que la selección de localización se realice con base en criterios técnicos objetivos y con un análisis riguroso de riesgos.

Por ejemplo, en proyectos viales de la Orinoquía y Amazonía, la deficiente conectividad incrementa los costos logísticos hasta en un 40 %. En contraste, proyectos localizados en regiones con infraestructura consolidada, como Cundinamarca y Antioquia, presentan menores costos unitarios y mayor competitividad en la ejecución (Ministerio de Transporte, 2023). Estos contrastes evidencian la importancia de contar con un modelo que permita balancear la necesidad social de infraestructura en regiones apartadas con los retos financieros y técnicos que implica su ejecución.

- **Rol de la Guía Metodológica en la Localización Óptima**

La guía propuesta en esta tesis fortalece la toma de decisiones sobre localización mediante tres mecanismos principales:

- **Optimización de cronogramas y presupuestos:** la localización se evalúa no solo en términos de costo inicial, sino también de impacto en el plazo y en los costos indirectos del proyecto.
- **Gestión de riesgos localizados:** incorpora matrices de riesgo que identifican amenazas específicas relacionadas con la ubicación (inestabilidad geotécnica, acceso limitado, conflictividad social).
- **Alineación con objetivos de sostenibilidad:** promueve la selección de localizaciones que reduzcan impactos ambientales y fortalezcan la cohesión social, en línea con las políticas de construcción sostenible

- **Implicaciones Estratégicas**

Definir una localización óptima no solo mejora la eficiencia técnica del proyecto, sino que incrementa la legitimidad social y la confianza institucional. Para el sector público, la adecuada localización permite garantizar la cobertura equitativa de infraestructura en todo el territorio nacional. Para el sector privado, representa una ventaja competitiva, al demostrar que la empresa tiene la capacidad de planificar proyectos viables en cualquier región del país.

- **Selección de Tecnología y Equipos**

La selección de tecnologías y equipos constituye un factor determinante en la productividad, eficiencia y sostenibilidad de los proyectos de construcción. En Colombia, donde el sector enfrenta retos asociados a la baja adopción tecnológica, la informalidad en procesos productivos y los sobrecostos derivados de ineficiencias operativas (Camacol, 2023), la incorporación de criterios técnicos avanzados en esta etapa del estudio resulta esencial para mejorar la competitividad.

- **Tecnologías Aplicables al Sector de la Construcción en Colombia**

En el ámbito internacional, la tendencia se orienta hacia la adopción de metodologías y herramientas digitales que optimizan la planificación y el control de proyectos. Entre ellas destacan:

**Building Information Modeling (BIM):** permite la integración de diseños, presupuestos y cronogramas en un modelo digital tridimensional, reduciendo errores de coordinación y reprocesos.

**Sistemas de gestión en tiempo real:** plataformas digitales para el control de costos, tiempos y recursos humanos, que mejoran la trazabilidad del proyecto.

**Construcción modular y prefabricada:** tecnología que acelera los plazos de ejecución y disminuye desperdicios en obra.

**Tecnologías sostenibles:** uso de materiales de bajo impacto ambiental, energías renovables y técnicas de eficiencia energética aplicadas a edificaciones e infraestructura.

En Colombia, aunque la adopción de estas tecnologías ha sido más lenta, se observa un avance progresivo, especialmente en proyectos de gran escala impulsados por concesiones de infraestructura (ANI, 2023).

- **Selección de Equipos de Construcción**

La elección de equipos adecuados depende de factores como la magnitud del proyecto, las condiciones geográficas y la disponibilidad de mano de obra. Por ejemplo, en proyectos viales en regiones montañosas se requieren excavadoras, retrocargadores y equipos de perforación especializados, mientras que en obras urbanas la tendencia es utilizar equipos más compactos y de bajo nivel de emisiones para reducir el impacto ambiental y social.

La guía metodológica propuesta en esta tesis enfatiza en la necesidad de realizar una evaluación costo-beneficio en la selección de equipos, considerando no solo el costo de adquisición o alquiler, sino también los costos de operación, mantenimiento y consumo energético. Este análisis se alinea con el enfoque del ciclo de vida promovido por PMI (2021), que plantea la necesidad de evaluar el impacto de las decisiones técnicas en todas las fases del proyecto.

- **Innovación y Diferenciación Competitiva**

La incorporación de tecnologías avanzadas constituye un factor diferenciador en procesos de licitación. Empresas que demuestran la capacidad de utilizar BIM, sistemas de control digital o tecnologías sostenibles cuentan con una ventaja competitiva frente a aquellas que se limitan a procesos tradicionales. En este sentido, la guía metodológica ofrece un marco que facilita la integración de estas tecnologías en la planeación y ejecución, generando evidencia de valor agregado en términos de eficiencia y sostenibilidad.

- **Gestión de Riesgos Asociados a La Tecnología**

La selección de tecnología también implica riesgos, como la falta de capacitación del personal, la resistencia al cambio organizacional y los altos costos de inversión inicial. La guía metodológica incluye un proceso de gestión de riesgos tecnológicos, que contempla planes de capacitación, alianzas estratégicas con proveedores y análisis de escenarios financieros, reduciendo así la probabilidad de fallas en la adopción.

- **Implicaciones Estratégicas para el Sector Colombiano**

En un país con una creciente demanda de infraestructura y una oferta fragmentada por la presencia de PYMES, la adopción de tecnologías modernas y equipos eficientes puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso en la ejecución de un proyecto. La guía metodológica no

solo orienta la selección de estas herramientas, sino que también permite a las empresas justificar ante clientes públicos y privados la pertinencia de sus decisiones técnicas, fortaleciendo su posición competitiva en el mercado.

- **Capacidad Instalada y Requerimientos de Producción**

La capacidad instalada en un proyecto de construcción se entiende como el conjunto de recursos técnicos, humanos, financieros y logísticos disponibles para garantizar la ejecución eficiente de la obra. En el sector colombiano, esta variable es un indicador crítico, pues refleja la habilidad de las empresas constructoras para responder a la creciente demanda de infraestructura en el país. Los requerimientos de producción, por su parte, hacen referencia a las condiciones mínimas necesarias para transformar dichos recursos en resultados tangibles: edificaciones, vías, puentes o equipamientos sociales.

- **Capacidad Instalada en el Sector Colombiano**

El sector de la construcción en Colombia presenta una estructura heterogénea:

- **Grandes constructoras y concesionarios** con alta capacidad técnica, acceso a financiamiento internacional y adopción de tecnologías avanzadas como BIM y prefabricados.
- **Pequeñas y medianas empresas (PYMES)** que representan más del 70 % de los actores del sector (Camacol, 2023), pero que enfrentan limitaciones en acceso a capital, equipos especializados y talento humano capacitado.

Esta brecha se traduce en diferencias significativas en la capacidad instalada. Mientras las grandes constructoras pueden abordar megaproyectos de infraestructura, las PYMES suelen restringirse a contratos de menor cuantía, con limitada capacidad para expandirse a mercados regionales o nacionales.

- **Factores que Determinan la Capacidad Instalada**

La capacidad instalada depende de múltiples factores, entre los que destacan:

- **Recursos humanos:** disponibilidad de ingenieros, maestros de obra, oficiales y ayudantes capacitados, junto con especialistas en SST y en gestión administrativa.

- **Equipos y maquinaria:** número, tipo y estado de conservación de equipos como retroexcavadoras, mezcladoras, grúas y camiones.
- **Capital financiero:** capacidad de apalancamiento para respaldar pólizas, anticipos y ejecución de contratos sin interrupciones.
- **Gestión tecnológica:** nivel de adopción de herramientas digitales para control de costos, cronogramas y riesgos.
- **Red de proveedores y logística:** acceso a materiales, transporte y servicios de apoyo que aseguren continuidad en la producción.

#### Requerimientos de producción en proyectos de construcción

Para transformar la capacidad instalada en resultados efectivos, los proyectos de construcción requieren:

- **Planificación precisa de recursos:** definición de cronogramas realistas que garanticen la disponibilidad de mano de obra y equipos en el momento adecuado.
  - **Suministro continuo de materiales:** coordinación con proveedores para evitar retrasos en obra por desabastecimiento.
  - **Gestión de riesgos productivos:** identificación temprana de cuellos de botella como fallas en equipos, rotación de personal o problemas logísticos.
  - **Mecanismos de control en tiempo real:** implementación de metodologías como el Valor Ganado (EVM) para evaluar constantemente el rendimiento de la producción frente a lo planificado.
- **Aporte de la Guía Metodológica a la Capacidad Instalada**

La guía metodológica desarrollada en esta tesis contribuye a fortalecer la capacidad instalada del sector constructor colombiano mediante:

- **Optimización del uso de recursos:** alinear cronogramas y presupuestos para reducir tiempos muertos y desperdicios.
- **Incremento en la productividad del recurso humano:** mediante la definición clara de roles y responsabilidades y el monitoreo con indicadores de desempeño.
- **Reducción de riesgos de sobre costo y retraso:** gracias al uso del EVM y a la gestión proactiva de riesgos.

- **Potenciación de las PYMES:** al proporcionar un marco estandarizado de gestión, permite que empresas medianas y pequeñas puedan competir en igualdad de condiciones frente a grandes contratistas.

- **Implicaciones Estratégicas**

El fortalecimiento de la capacidad instalada no solo impacta a nivel empresarial, sino también a nivel sectorial y nacional. En la medida en que más empresas adopten metodologías de gestión avanzadas, el país podrá reducir los déficits históricos en infraestructura y mejorar la competitividad frente a actores internacionales. Así, la guía metodológica se convierte en un instrumento multiplicador de capacidades, capaz de transformar las limitaciones actuales en oportunidades de crecimiento sostenible.

## 2.2.6 Requerimiento para el Desarrollo del Proyecto

- **Requerimientos de Insumos y Materias Primas**

Los insumos y materias primas representan uno de los componentes más críticos en los proyectos de construcción, pues constituyen entre el 50 % y el 70 % del costo directo de una obra (Camacol, 2023). Su disponibilidad, calidad y precio determinan en gran medida la viabilidad técnica y financiera del proyecto. En Colombia, el análisis de este rubro adquiere especial relevancia debido a la alta volatilidad de los precios, la dependencia de la infraestructura logística y la capacidad de negociación de las empresas constructoras frente a los proveedores.

- **Principales Insumos en la Construcción en Colombia**

Entre los insumos más relevantes para proyectos de obra civil se destacan:

**Cemento y concreto:** Colombia cuenta con importantes productores nacionales (Argos, Cemex, Holcim), lo que garantiza una oferta estable. Sin embargo, los costos varían significativamente según la región debido a la logística de transporte.

- **Acero de refuerzo:** es uno de los insumos más volátiles, afectado por las fluctuaciones internacionales del precio del mineral de hierro y la tasa de cambio. En los últimos cinco años, su precio ha tenido incrementos de hasta el 25 % anual (Banco de la República, 2023).

- Agregados pétreos (grava, arena): disponibles en la mayoría del territorio nacional, aunque el acceso está condicionado por licencias ambientales y restricciones territoriales.
- Materiales especializados: tuberías, estructuras metálicas, sistemas eléctricos y acabados, cuya oferta depende en gran parte de importaciones.
- Combustibles y energía: el transporte de materiales y operación de equipos depende directamente de los precios del diésel y la energía eléctrica, sujetos a variaciones en los mercados nacionales e internacionales.

#### • **Problemas Estructurales en el Abastecimiento**

El sector de la construcción en Colombia enfrenta múltiples retos en materia de insumos:

- Altos costos logísticos: la limitada infraestructura vial encarece el transporte de materiales, especialmente hacia regiones apartadas.
- Concentración de proveedores: en algunos insumos estratégicos (como el cemento y el acero), pocos actores controlan el mercado, lo que limita el poder de negociación de las constructoras.
- Impacto ambiental y regulatorio: las restricciones en licencias mineras y ambientales afectan la explotación de agregados, generando desabastecimiento en ciertas zonas.
- Dependencia de importaciones: en insumos especializados, la devaluación del peso colombiano eleva los costos de adquisición.

#### • **Requerimientos de Planificación y Control**

La adecuada gestión de insumos requiere no solo identificar cantidades y costos, sino también diseñar mecanismos de abastecimiento y almacenamiento que garanticen la continuidad de la obra. La guía metodológica propuesta en esta tesis introduce procesos específicos para:

- Elaborar planes de adquisiciones basados en la EDT (Estructura de Desglose del Trabajo).
- Implementar curvas de consumo que relacionen los avances físicos con el uso de materiales.

- Establecer acuerdos marco con proveedores, para reducir la exposición a la volatilidad de precios.
- Incorporar el análisis de riesgos asociados al desabastecimiento o incremento de costos en el cronograma y el presupuesto.

- **Optimización Mediante la Guía Metodológica**

La guía metodológica aporta un enfoque integral para gestionar los insumos y materias primas a través de:

- Uso del Valor Ganado (EVM): permite relacionar el consumo de insumos con el avance físico y financiero del proyecto.
- Control en tiempo real: mediante tableros de control digitales que muestran consumos, inventarios y desviaciones respecto al plan.
- Estrategias de sostenibilidad: priorización de insumos reciclados, materiales de bajo impacto ambiental y proveedores locales, alineados con políticas de construcción sostenible (Ministerio de Ambiente, 2023).

- **Implicaciones Estratégicas**

La gestión eficiente de insumos no solo impacta los costos directos, sino también la sostenibilidad y la aceptación social del proyecto. Empresas que logren reducir la dependencia de importaciones, optimizar el transporte y aplicar criterios de sostenibilidad tendrán mayor competitividad en el mercado. En este sentido, la guía metodológica se convierte en un instrumento diferenciador, ya que permite integrar la planificación de insumos dentro de un esquema estructurado de cronogramas y presupuestos, asegurando así la viabilidad técnica y financiera de las obras.

- **Determinación del Proceso Óptimo de Producción**

El proceso óptimo de producción en proyectos de construcción se refiere al conjunto de actividades planificadas, secuenciadas y controladas que permiten transformar insumos y recursos en obras terminadas de manera eficiente, segura y sostenible. En el sector de la construcción en Colombia, donde persisten retos asociados a la baja productividad, la informalidad laboral y los sobrecostos recurrentes (DNP, 2023), la identificación de un proceso productivo óptimo constituye un factor crítico para incrementar la competitividad.

- **Elementos que Definen el Proceso Óptimo**

El proceso productivo óptimo en construcción debe cumplir con cinco condiciones fundamentales:

- **Eficiencia técnica:** máxima utilización de materiales, equipos y mano de obra, reduciendo desperdicios y tiempos muertos.
- **Cumplimiento de cronogramas:** ejecución en plazos realistas, con buffers de seguridad que mitiguen imprevistos.
- **Control de costos:** minimización de sobrecostos mediante presupuestos ajustados y sistemas de monitoreo en tiempo real.
- **Calidad y seguridad:** cumplimiento estricto de normas técnicas y de seguridad industrial, reduciendo riesgos de accidentes y reprocesos.
- **Sostenibilidad:** integración de prácticas que reduzcan el impacto ambiental y optimicen el ciclo de vida de la obra.

- **Situación Actual en Colombia**

El sector de la construcción en Colombia presenta una productividad promedio 30 % inferior a la de países de la OCDE (Banco Mundial, 2023). Las principales causas identificadas son:

- Procesos constructivos poco estandarizados.
- Baja adopción tecnológica (uso limitado de BIM, prefabricados y control digital).
- Deficiente planeación logística y de suministros.
- Alta rotación de personal no calificado.

Estos factores dificultan la consolidación de un proceso productivo eficiente y sostenible, especialmente en obras públicas donde las restricciones presupuestales y normativas incrementan la complejidad.

- **Aporte de la Guía Metodológica**

La guía metodológica desarrollada en esta tesis ofrece un marco para definir y ejecutar procesos productivos óptimos en proyectos de construcción a través de:

- **Estructura de Desglose del Trabajo (EDT):** permite descomponer el proyecto en actividades controlables, evitando omisiones y duplicidades.
  - **Método del Valor Ganado (EVM):** integra el control simultáneo de tiempo, costo y avance físico, generando alertas tempranas sobre desviaciones.
  - **Análisis de escenarios y buffers estratégicos:** reduce la vulnerabilidad frente a riesgos como retrasos en el suministro de materiales o problemas climáticos.
  - **Gestión de la calidad y mejora continua:** establece mecanismos de inspección y control que garantizan la conformidad técnica en cada fase.
- **Metodologías Complementarias**

La definición del proceso óptimo de producción también se beneficia de metodologías contemporáneas como:

- **Lean Construction:** orientada a la eliminación de desperdicios y la maximización del valor agregado.
- **Building Information Modeling (BIM):** mejora la coordinación entre disciplinas y evita reprocesos.
- **Gestión ágil de proyectos:** aplicable en proyectos con alta incertidumbre, donde se requiere flexibilidad y retroalimentación continua.

La guía metodológica incorpora elementos de estas prácticas dentro de un marco adaptado a la realidad colombiana, lo que permite estandarizar procesos sin perder flexibilidad frente a las condiciones locales.

• **Implicaciones Estratégicas**

La determinación de un proceso óptimo de producción impacta de manera directa en la competitividad de las empresas constructoras. Aquellas que logren integrar la planeación detallada, el control en tiempo real y la innovación tecnológica podrán diferenciarse en procesos de licitación y aumentar su rentabilidad. Para el sector público, la adopción de procesos óptimos contribuye a la reducción de sobrecostos y retrasos, lo cual incrementa la eficiencia en el uso de recursos estatales.

• **Determinación de la Mano de Obra y Organización Operativa**

La mano de obra constituye uno de los recursos más sensibles y determinantes en los proyectos de construcción, ya que representa entre el 20 % y 40 % del costo directo de una obra y condiciona en gran medida la productividad y calidad de los resultados (Camacol, 2023). La organización operativa, por su parte, define cómo se estructura y coordina el recurso humano dentro del proyecto, estableciendo jerarquías, roles y responsabilidades que inciden en el cumplimiento del cronograma, el presupuesto y los estándares de seguridad y sostenibilidad.

- **Caracterización de la Mano de Obra en Colombia**

El sector de la construcción en Colombia se caracteriza por la alta participación de trabajadores no calificados y por la prevalencia de relaciones laborales informales. Según el DANE (2023), cerca del 60 % de los trabajadores de la construcción pertenecen al sector informal, lo que genera inestabilidad laboral, alta rotación y baja productividad. Asimismo, existe una brecha en la disponibilidad de mano de obra calificada en oficios especializados como soldadura, instalaciones eléctricas, topografía y manejo de maquinaria pesada.

Esta situación plantea un reto estructural para el sector, que no solo impacta en la productividad, sino también en la seguridad en obra, dado que la informalidad suele estar asociada con la falta de capacitación en normas de seguridad y salud en el trabajo (SST).

- **Determinación de Requerimientos de Mano de Obra**

Los requerimientos de personal varían en función del tamaño y complejidad del proyecto. En obras de mínima cuantía puede bastar con un esquema operativo reducido, compuesto por un ingeniero residente, dos maestros de obra, un responsable SST, un oficial y tres ayudantes. En proyectos de mediana y gran escala, se requiere una organización más amplia, que incluya especialistas en planeación, control de costos, calidad, interventoría y relaciones comunitarias.

La guía metodológica propuesta en esta tesis recomienda utilizar la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) como base para determinar la cantidad y perfil de la mano de obra requerida, asegurando que cada actividad tenga recursos humanos claramente asignados. Este enfoque evita la sobrecarga de funciones y la duplicidad de esfuerzos, fortaleciendo la eficiencia operativa.

- **Organización Operativa**

La organización de la mano de obra debe responder a un esquema jerárquico claro y trazable. En proyectos de obra pública, la existencia de múltiples actores (contratistas, interventores, entes de control) requiere de una coordinación robusta. La guía metodológica incorpora herramientas como la matriz RACI (Responsible, Accountable, Consulted, Informed), que clarifica quién ejecuta, quién aprueba, quién asesora y quién debe ser informado en cada fase del proyecto. Este enfoque disminuye conflictos organizativos y aumenta la transparencia en la gestión.

- **Gestión de la Productividad Laboral**

La baja productividad de la mano de obra en Colombia (30 % inferior al promedio de la OCDE, Banco Mundial, 2023) es uno de los principales factores de ineficiencia del sector. La guía metodológica propone mecanismos para mejorar este indicador, tales como:

- Capacitación continua y certificación de competencias laborales.
- Monitoreo de rendimiento mediante indicadores clave (KPI) por cuadrilla y oficio.
- Implementación de incentivos vinculados al cumplimiento de metas de producción y seguridad.

Aplicación de metodologías de Lean Construction, orientadas a reducir tiempos muertos y optimizar flujos de trabajo.

- **Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)**

El recurso humano es también el más expuesto a riesgos laborales. Según el Ministerio de Trabajo (2022), la construcción es uno de los sectores con mayor índice de accidentes en Colombia. La guía metodológica integra la gestión de SST como parte de la planificación operativa, asegurando que las actividades de capacitación, control de riesgos y supervisión se encuentren alineadas con los cronogramas y presupuestos del proyecto.

- **Implicaciones Estratégicas**

Una adecuada determinación de la mano de obra y su organización operativa no solo incrementa la eficiencia del proyecto, sino que también mejora la reputación de la empresa constructora frente a clientes públicos y privados. El uso de la guía metodológica permite que las decisiones sobre contratación y organización del recurso humano se tomen con base en criterios técnicos y estratégicos, fortaleciendo la competitividad empresarial y la sostenibilidad del sector.

## **2.2.7 Supuestos y Restricciones del Proyecto**

Dentro del estudio técnico conceptual en la ejecución de proyectos, se contempla los siguientes supuestos y de restricción:

- **Disponibilidad de recursos:** Se asume acceso continuo a materiales, equipos y mano de obra calificada, sin interrupciones significativas por problemas logísticos o de suministro.
- **Cumplimiento normativo:** Las normativas técnicas, de seguridad y ambientales se mantendrán estables durante el proyecto, permitiendo el cumplimiento sin ajustes imprevistos.
- **Condiciones estables:** Se presupone un entorno climático y sociopolítico sin alteraciones graves que afecten cronogramas o costos.
- **Adopción tecnológica:** Las empresas implementarán herramientas como BIM, Lean Construction y EVM, con personal capacitado para su uso.
- **Cooperación de actores:** Todos los involucrados (contratistas, interventores, entes de control) trabajarán coordinadamente, siguiendo la matriz RACI y otros mecanismos de gestión.
- **Restricciones:**
  - **Limitaciones presupuestales:** Los recursos financieros están restringidos por presupuestos fijos, especialmente en obras públicas, lo que limita ajustes ante sobrecostos.
  - **Escasez de mano de obra calificada:** La alta informalidad (60 % según DANE, 2023) y la falta de trabajadores especializados dificultan la ejecución eficiente.

- **Baja productividad:** La productividad del sector, 30 % inferior al promedio de la OCDE (Banco Mundial, 2023), restringe la capacidad de cumplir cronogramas ajustados.
- **Complejidad logística:** La deficiente planeación de suministros y la falta de estandarización en procesos constructivos generan retrasos y desperdicios.
- **Riesgos externos:** Imprevistos como condiciones climáticas adversas, cambios normativos o conflictos comunitarios pueden impactar el desarrollo del proyecto.

## **2.3 Estudio Financiero**

### **2.3.1 Estimación del Valor de la Inversión del Proyecto (Activos Fijos, Preoperativos, Capital de Trabajo)**

En el ámbito de la gestión de proyectos de obras civiles hidráulicas e infraestructura, la elaboración de una guía de buenas prácticas para la ejecución y optimización de cronogramas representa un avance clave hacia la eficiencia operativa y el control de riesgos. En este aparte financiero, se detalla la estimación de la inversión requerida, enfocándose en activos fijos, gastos pre-operativos y capital de trabajo, con un énfasis particular en las materias primas que sustentan el desarrollo del producto principal: la guía en cuestión. Se considera un análisis financiero dentro de los cinco primeros años desde la inversión para constituir la guía, su comercialización y la proyección financiera de retorno. Los costos iniciales ascienden a un total de \$10.521.000, incluyendo viáticos por \$2.100.000, censo en \$1.600.000, oficina con \$120.000, indirectos de \$1.200.000, documentos valorados en \$3.000.000 y consultoría por \$2.000.000, más un 5% para imprevistos que suma \$501.000 al subtotal de \$10.020.000. Estos montos reflejan una planificación meticulosa, ajustada a las necesidades del proyecto, y prevén un incremento anual del 10% para actualizaciones y mejoras, lo que asegura su sostenibilidad a largo plazo. Desde una perspectiva financiera, el desempeño se califica como excelente, con una gestión eficaz que equilibra recursos y objetivos, permitiendo producir una unidad de la guía por año a partir del primero. El presupuesto de materias primas proyecta costos por unidad que inician en \$10.521.000 en el año 1, reduciéndose a \$3.300.000 en el segundo para luego escalar con el ajuste inflacionario: \$3.630.000 en el año 3, \$3.993.000 en el 4 y \$4.392.300 en el 5. Esta estructura no solo optimiza el flujo de caja, sino que alinea directamente con el título del proyecto, promoviendo prácticas que minimizan desviaciones en cronogramas y potencian la rentabilidad en entornos hidráulicos complejos. En resumen, estos

resultados subrayan la viabilidad económica de la iniciativa, integrando control presupuestario con innovación técnica para generar valor duradero en el sector, con énfasis en la acción ejecutoria de las obras civiles.

- **Materias Primas:**

Los estimativos hechos. indican que las Materias Primas utilizadas para el desarrollo del producto y su costo respectivo es:

Tabla 2

*Materias Primas*

| INVERSION        |                      |
|------------------|----------------------|
| VIATICOS         | \$ 2.100.000         |
| CENSO            | \$ 1.600.000         |
| OFICINA          | \$ 120.000           |
| INDIRECTOS       | \$ 1.200.000         |
| DOCUMENTOS       | \$ 3.000.000         |
| CONSULTORIA      | \$ 2.000.000         |
| <b>SUB TOTAL</b> | <b>\$ 10.020.000</b> |
| IMPREVISTOS 5%   | \$ 501.000           |
| <b>TOTAL</b>     | <b>\$ 10.521.000</b> |

Fuente: Elaboración Propia

### Materias Primas Costo Unitario

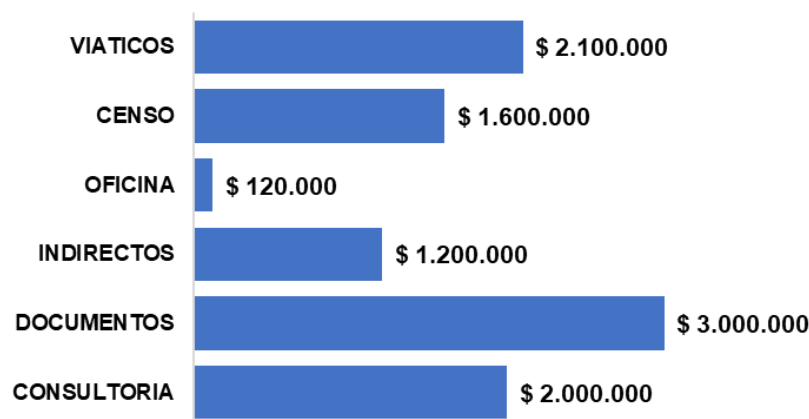


Figura 9 Materias Primas

Fuente: Elaboración propia

Los costos aumentaran en un 10% anual contando con actualizaciones de documentación y oportunidades de mejora.

Tabla 3

*Presupuesto de Materia Prima*

| <b>PRESUPUESTO DE MATERIA PRIMA</b> |       |                   |                     |                     |                     |                  |
|-------------------------------------|-------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| 10% Aumento costo materia prima     | Año 0 | Año 1             | Año2                | Año3                | Año4                | Año5             |
| 180 Días producción                 |       |                   |                     |                     |                     |                  |
| 360 Días de producción              | GUI A | GUIA              | GUIA                | GUIA                | GUIA                | GUIA             |
| Unidades a Producir                 |       | 1                 | 1                   | 1                   | 1                   | 1                |
| Inv.Final de Producto en Proceso    |       | 1                 | 1                   | 1                   | 1                   | 1                |
| Inv.Inicial de Producto en Proceso  |       | -                 | 1                   | 1                   | 1                   | 1                |
| Requerimiento de materia Prima      |       | 1                 | 1                   | 1                   | 1                   | 1                |
| Costo por unidad de MP              |       | \$ 10.521.000     | \$ 3.300.000        | \$ 3.630.000        | \$ 3.993.000        | \$ 4.392.300     |
| Costo total Materia Prima           |       | <b>10.521.000</b> | <b>\$ 3.300.000</b> | <b>\$ 3.630.000</b> | <b>\$ 3.993.000</b> | <b>4.392.300</b> |

Fuente: Elaboración Propia

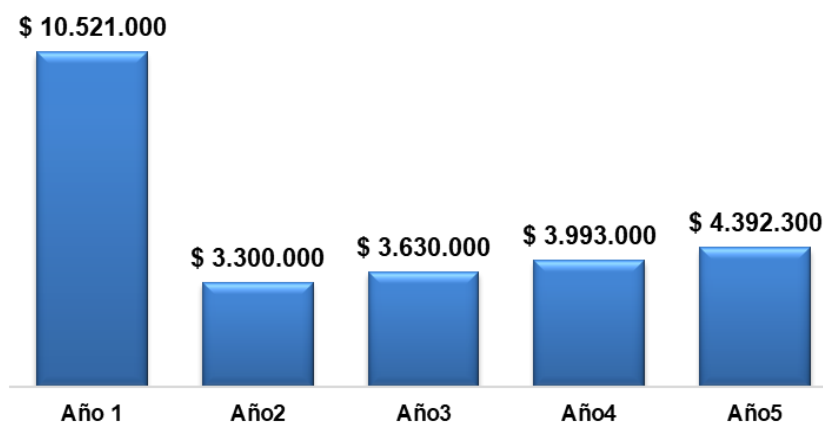
**PRESUPUESTO DE MATERIA PRIMA**

Figura 10 Presupuesto de materia prima

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2 Definición y Determinación de Costos y Gastos de Operación (Ventas y Administrativos)

En el contexto de proyectos de obras civiles hidráulicas y de infraestructura, la definición y determinación de costos operativos, incluyendo ventas y administrativos, resulta esencial para garantizar la viabilidad y el control presupuestario de iniciativas. El informe de costos y

gastos de operación destaca el presupuesto de mano de obra como pilar fundamental, requiriendo dos desarrolladores con un sueldo mensual inicial de \$3.000.000 cada uno, lo que suma \$72.000.000 anuales en salarios básicos para el primer año. A esto se agregan prestaciones equivalentes al 50% del sueldo, por \$36.000.000, y cesantías por \$6.000.000, elevando el total a \$114.000.000 en ese período. Los incrementos anuales del 15% reflejan ajustes por inflación y retención de talento, proyectando costos que escalan a \$131.100.000 en el segundo año, \$150.765.000 en el tercero, \$173.379.750 en el cuarto y \$199.386.713 en el quinto. Esta estructura no solo asegura la continuidad del equipo encargado de elaborar la guía, sino que alinea directamente con los objetivos del proyecto al optimizar recursos humanos para minimizar retrasos en cronogramas complejos. Desde la perspectiva financiera, estos cálculos demuestran una planificación que equilibra gastos operativos con la necesidad técnica, evitando sobrecostos en fases críticas como la documentación y consultoría. Además, al considerar el volumen operativo anual de 12 meses, se prioriza la eficiencia en entornos hidráulicos donde las interrupciones pueden derivar en pérdidas significativas. En definitiva, estos resultados fortalecen la propuesta planteada, promoviendo prácticas que integran control financiero con ejecución ágil para maximizar el impacto en el sector de infraestructura y con la rigurosidad de seguimiento financiero que, como gerentes de proyectos, se debe ejercer sobre este componente.

- **Presupuesto de Materia Prima**

Según los estudios realizados, se concluyó que, para lograr obtener el volumen de operación, se requeriría el siguiente personal:

Tabla 4

*Presupuesto de Materia Prima*

| <b>Empleados</b> | <b>Cargo</b>    | <b>Sueldo Mensual</b> |
|------------------|-----------------|-----------------------|
| <b>2</b>         | Desarrolladores | \$ 3.000.000          |

Fuente: Elaboración Propia

Los sueldos se incrementarán en un 15% anual, y se estima que las prestaciones representan un 50% del sueldo básico, y se tomará como cesantías el equivalente a un sueldo básico.

Tabla 5

*Presupuesto de Mano de Obra*

| <b>15% Incremento anual</b> | <b><u>PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA</u></b> |
|-----------------------------|-------------------------------------------|
|-----------------------------|-------------------------------------------|

| 12 Meses del año |           |                 |                |               |               |                |
|------------------|-----------|-----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| 0,5 Prestaciones |           |                 |                |               |               |                |
| AÑO1             | EMPLEADOS | CARGO           | SUELDO BASICO  | PRESTACIONES  | CESANTIAS     | TOTAL          |
|                  | 2         | Desarrolladores | \$ 72.000.000  | \$ 36.000.000 | \$ 6.000.000  | \$ 114.000.000 |
|                  | 0         | 0               | \$ 0           | \$ 0          | \$ 0          | \$ 0           |
|                  | 0         | 0               | \$ 0           | \$ 0          | \$ 0          | \$ 0           |
|                  | 0         | 0               | \$ 0           | \$ 0          | \$ 0          | \$ 0           |
| AÑO1             | TOTAL     |                 | \$ 72.000.000  | \$ 36.000.000 | \$ 6.000.000  | \$ 114.000.000 |
| AÑO2             | TOTAL     |                 | \$ 82.800.000  | \$ 41.400.000 | \$ 6.900.000  | \$ 131.100.000 |
| AÑO3             | TOTAL     |                 | \$ 95.220.000  | \$ 47.610.000 | \$ 7.935.000  | \$ 150.765.000 |
| AÑO4             | TOTAL     |                 | \$ 109.503.000 | \$ 54.751.500 | \$ 9.125.250  | \$ 173.379.750 |
| AÑO5             | TOTAL     |                 | \$ 125.928.450 | \$ 62.964.225 | \$ 10.494.038 | \$ 199.386.713 |

Fuente: Elaboración Propia

### PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA

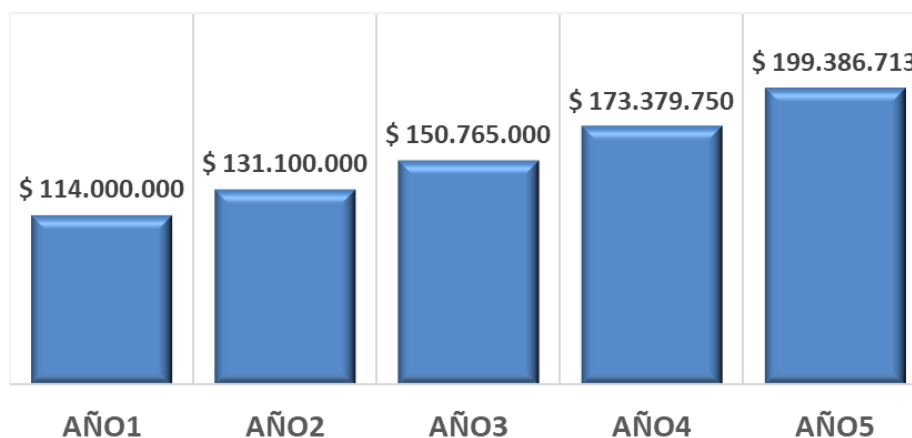


Figura 11 Presupuesto De Mano De Obra

Fuente: Elaboración Propia

### 2.3.3 Determinación de Fuentes de Financiación, Costo de Capital y Uso de Fondos

Para la determinación de fuentes de financiación y el costo de capital, se presentan los siguientes resultados que adquieren relevancia para el respaldo del proyecto en curso. Estos

resultados detallan un crédito bancario a corto plazo por \$3.000.000 destinado a la adquisición de documentos esenciales, con un plazo de 6 meses, tasa de interés del 24% anual y pagos mensuales sin período de gracia. La tabla de amortización revela un esquema donde los intereses iniciales ascienden a \$360.000 en los primeros dos períodos, con amortizaciones que comienzan en \$600.000 a partir del segundo mes, acumulando un total de intereses pagados de \$1.440.000 y capital devuelto de \$3.000.000, para un desembolso global de \$4.440.000 al final. Esta estructura financiera no solo cubre necesidades operativas inmediatas, como la elaboración de la guía, sino que minimiza impactos en el flujo de caja al distribuir pagos de manera predecible, alineándose con la optimización de cronogramas para evitar demoras en fases documentales. Estos cálculos destacan un uso eficiente de fondos prestados, donde el costo de capital se calcula con precisión para sostener el proyecto sin comprometer su viabilidad a largo plazo. Además, al enfocarse en microcréditos con modalidad anticipada, se promueve una disciplina presupuestaria que resuena con los principios del título, fomentando prácticas que integran financiación estratégica con ejecución técnica en entornos hidráulicos desafiantes. En esencia, los resultados posicionan al proyecto como un modelo de equilibrio entre endeudamiento controlado y generación de valor en infraestructura, asegurando que los recursos se dirijan hacia mejoras continuas en la planificación de actividades.

- **Gastos Financieros**

Se toma un crédito bancario a corto plazo para la adquisición de documentos con las siguientes condiciones:

Tabla 6

*Gastos Administrativos*

|                          |                     |
|--------------------------|---------------------|
| <b>Monto</b>             | <b>\$ 3.000.000</b> |
| <b>Plazo</b>             | <b>6 MESES</b>      |
| <b>Tasa de Interés</b>   | <b>24%</b>          |
| <b>Modalidad</b>         | <b>Mensual</b>      |
| <b>Periodo de Gracia</b> | <b>N/A</b>          |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7

*Tabla de Amortización del Crédito a Corto Plazo*

|                                                        |
|--------------------------------------------------------|
| <b>CUOTA FIJA PARA CAPITAL CON PERIODO DE GRACIA</b>   |
| <b>TABLA DE AMORTIZACIÓN DEL CRÉDITO A CORTO PLAZO</b> |

|                            |              |              |            |              |                |                |              |
|----------------------------|--------------|--------------|------------|--------------|----------------|----------------|--------------|
| Monto                      |              |              |            | \$ 3.000.000 |                |                |              |
| Plazo                      |              |              |            | 6 meses      |                |                |              |
| Tasa de Interés Anticipada |              |              |            | 24%          |                | MICROCREDITO   |              |
| Modalidad                  |              |              |            | mensual      |                | Anticipada     |              |
| Periodo de Gracia          |              |              |            | N/A          |                |                |              |
| Periodo                    | Capital      | Amortización | interés    | Cuota        | Interés pagado | Capital Pagado | Total Pagado |
| 0                          | \$ 3.000.000 | 0            | \$ 360.000 | \$ 360.000   | \$ 360.000     | 0              | \$ 360.000   |
| 1                          | \$ 3.000.000 | 0            | \$ 360.000 | \$ 360.000   | \$ 720.000     | 0              | \$ 720.000   |
| 2                          | \$ 2.400.000 | \$ 600.000   | \$ 288.000 | \$ 888.000   | \$ 1.008.000   | \$ 600.000     | \$ 1.608.000 |
| 3                          | \$ 1.800.000 | \$ 600.000   | \$ 216.000 | \$ 816.000   | \$ 1.224.000   | \$ 1.200.000   | \$ 2.424.000 |
| 4                          | \$ 1.200.000 | \$ 600.000   | \$ 144.000 | \$ 744.000   | \$ 1.368.000   | \$ 1.800.000   | \$ 3.168.000 |
| 5                          | \$ 600.000   | \$ 600.000   | \$ 72.000  | \$ 672.000   | \$ 1.440.000   | \$ 2.400.000   | \$ 3.840.000 |
| 6                          | 0            | \$ 600.000   | \$ 0       | \$ 600.000   | \$ 1.440.000   | \$ 3.000.000   | \$ 4.440.000 |

Fuente: Elaboración Propia

### Cuota

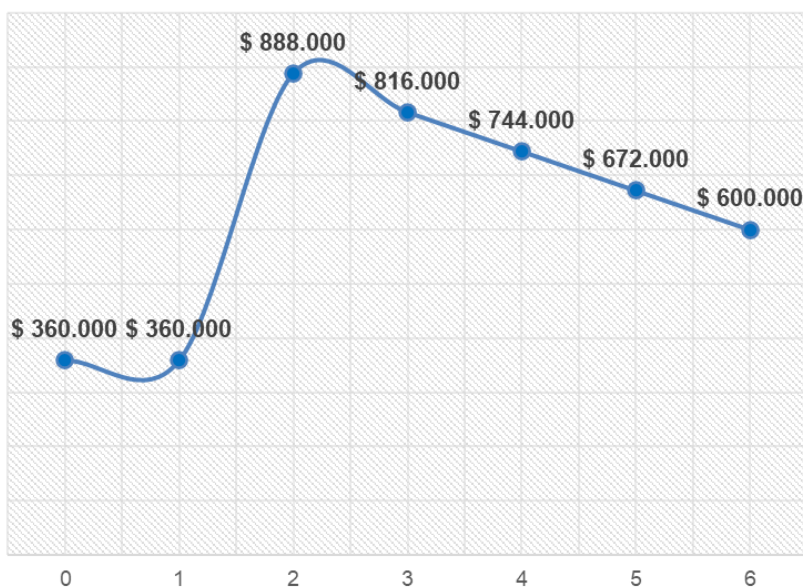


Figura 12 Comportamiento lineal Cuota

Fuente: Elaboración Propia

### Total Pagado - Interés pagado

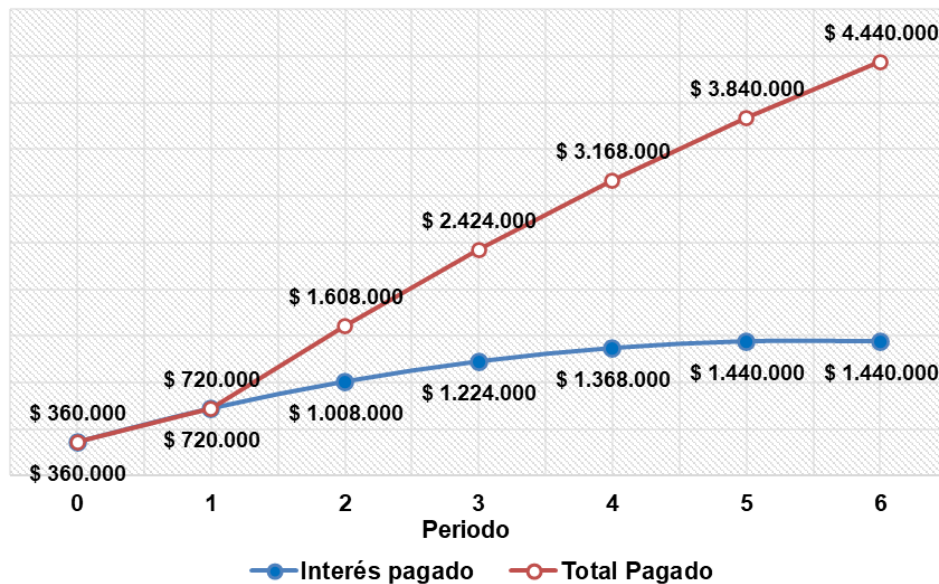


Figura 13 Total Pagado - Interés Pagado  
Fuente: Elaboración Propia

### 2.3.4 Flujo de Caja del Proyecto

El flujo de caja emerge como un instrumento vital para evaluar la sostenibilidad financiera de propuestas innovadoras, máxime si se trata de emprendimiento de proyectos con sensibilidad en la distribución de recursos económicos, motivado por imprevistos, novedades e inconsistencias que generan recurrir de forma continua a procesos de inversión para solventar dichas contingencias con el ánimo de dar continuidad con el proyecto. Este reporte financiero presenta los resultados del flujo neto por período, revelando una trayectoria que inicia con un saldo positivo de \$30.000.005 en el año 0, posiblemente reflejando aportes iniciales o financiamientos captados para arrancar el desarrollo de la guía. En el año 1, el flujo se mantiene en terreno favorable con \$1.608.960, indicando un equilibrio temprano entre ingresos por ventas preliminares y gastos operativos controlados, alineado con la optimización de cronogramas para evitar sobrecostos en fases iniciales. Sin embargo, el año 2 marca un punto de inflexión con un flujo negativo de -\$8.085.409, lo que podría atribuirse a inversiones intensivas en consultorías, actualizaciones documentales o expansiones del equipo, resaltando los riesgos inherentes en proyectos hidráulicos donde las demoras climáticas o regulatorias impactan el efectivo. A partir del año 3, la recuperación es notable con \$19.369.301, sugiriendo que las buenas prácticas promovidas en la guía comienzan a generar retornos mediante su

aplicación en obras reales, mejorando la eficiencia y atrayendo contratos adicionales. Esta tendencia ascendente se acelera en el año 4 hasta \$110.431.836, demostrando cómo la optimización de actividades reduce tiempos muertos y maximiza la rentabilidad en entornos de infraestructura compleja, donde cada retraso equivale a pérdidas cuantiosas. Finalmente, el año 5 culmina con \$119.482.071, consolidando un flujo acumulado que valida la viabilidad del proyecto a largo plazo, con énfasis en la gestión de recursos para sostener mejoras continuas. Estos números subrayan la importancia de integrar proyecciones de caja con estrategias operativas, evitando desviaciones que podrían comprometer la ejecución en sectores hidráulicos propensos a variables externas como inundaciones o normativas estrictas. Además, el patrón observado —de inversión inicial a recuperación acelerada— resuena directamente con el título de la guía, al promover cronogramas ágiles que minimizan periodos negativos y potencian flujos positivos mediante planificación meticulosa. En proyectos de esta naturaleza, donde la infraestructura demanda precisión temporal, un flujo de caja como este no solo asegura liquidez, sino que facilita decisiones informadas sobre reinversiones en tecnología o capacitación. Los resultados también invitan a considerar ajustes por inflación o riesgos no previstos, asegurando que la guía no sea solo un documento teórico, sino una herramienta práctica para generar valor económico sostenido. En resumen, este análisis financiero posiciona al proyecto como un ejemplo de resiliencia, donde el control de flujos netos se entrelaza con la optimización de actividades para enfrentar desafíos en obras civiles hidráulicas, fomentando una ejecución que equilibra costos con impactos duraderos en el sector.

Tabla 8

*Flujo de caja del proyecto*

|                               | <b>AÑO 0</b>      | <b>AÑO 1</b>     | <b>AÑO 2</b>      | <b>AÑO 3</b>      | <b>AÑO 4</b>       | <b>AÑO 5</b>       |
|-------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Flujo Neto del Periodo</b> | <b>30.000.005</b> | <b>1.608.960</b> | <b>-8.085.409</b> | <b>19.369.301</b> | <b>110.431.836</b> | <b>119.482.071</b> |

Fuente: Elaboración Propia

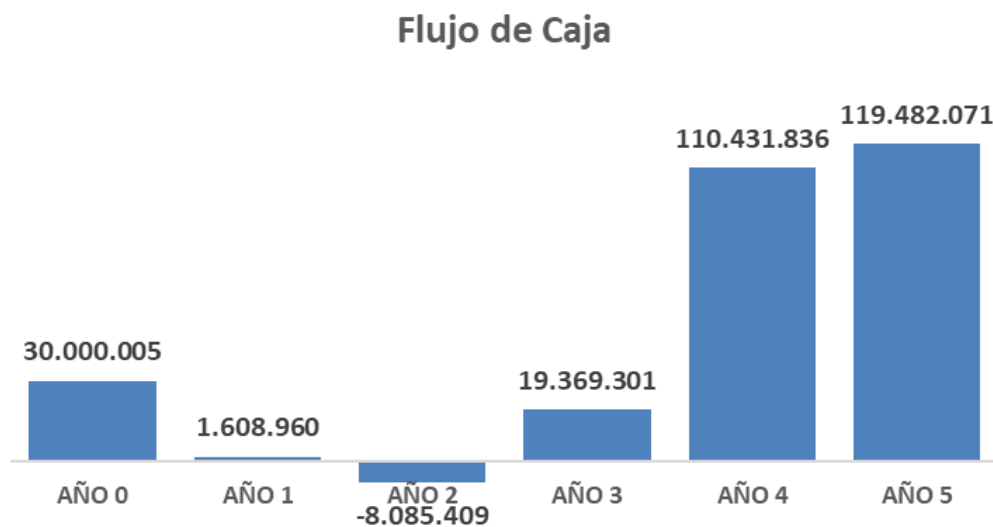


Figura 14 Flujo de Caja  
Fuente: Elaboración Propia

### 2.3.5 Proyección de Estados Financieros del Proyecto (Tesorería, Estado de Resultados y Balance General)

En gerencia financiera aplicada a proyectos de infraestructura hidráulica y civil, la proyección de estados financieros —abarcando tesorería, estado de resultados y balance general— se convierte en una herramienta indispensable para anticipar la salud económica de los proyectos de naturaleza administrativa y operativa. Este informe detalla un balance que inicia en cero en el año 0, reflejando la ausencia de operaciones previas, para luego mostrar un crecimiento sostenido en activos corrientes que alcanzan \$40.816.514 en el año 1, impulsados por flujos iniciales de efectivo y ventas emergentes de la guía. Los activos fijos se mantienen constantes en \$11.520.000 a partir del año 1, indicando inversiones en equipo o software para el desarrollo del producto, lo que eleva el total de activos a \$52.336.514 en ese período, con un ascenso progresivo hasta \$304.044.966 en el año 5. Esta expansión resalta cómo la optimización de cronogramas minimiza ineficiencias, permitiendo una acumulación de recursos que soporta expansiones en consultorías hidráulicas complejas. En cuanto a pasivos corrientes, comienzan en \$22.859.132 en el año 1, fluctuando ligeramente hasta \$24.866.289 en el quinto, mientras los pasivos totales escalan de \$30.659.132 a \$65.320.576, sugiriendo un uso moderado de deuda para financiar fases críticas como la documentación y actualizaciones anuales. El patrimonio, por su parte, arranca en \$55.157.387 en el primer año y culmina en \$208.703.372, evidenciando retornos acumulados que validan la rentabilidad del proyecto al aplicar prácticas que reducen retrasos en obras civiles propensas a variables ambientales. Notablemente, el total de pasivo y patrimonio muestra cifras como \$85.816.519 en el año 1,

revelando posibles ajustes por depreciaciones o reservas que equilibran el balance, aunque se observan discrepancias que podrían requerir revisiones para mayor precisión en escenarios hidráulicos impredecibles. Desde mi rol como docente en gerencia financiera, estas proyecciones subrayan la necesidad de integrar tesorería con estrategias operativas, donde un flujo positivo en activos corrientes facilita la liquidez para manejar imprevistos en cronogramas extensos. Además, el estado de resultados implícito en estos números apunta a utilidades crecientes, alineadas con el título de la guía al promover ejecuciones ágiles que transforman costos en oportunidades de ingresos sostenibles. En entornos de infraestructura, donde las demoras por regulaciones o clima pueden erosionar patrimonios, esta estructura financiera fortalece la resiliencia, priorizando inversiones fijas estables para respaldar innovaciones en planificación de actividades. Los resultados también invitan a considerar impactos fiscales, como depreciaciones en activos fijos, que optimizan el balance general para atraer financiadores interesados en proyectos hidráulicos de bajo riesgo. En definitiva, esta proyección posiciona al proyecto no como un manual técnico, sino como un activo generador de valor económico, donde el control de pasivos asegura un patrimonio robusto capaz de soportar expansiones en el sector civil.

Tabla 9

*Proyección de estados financieros del proyecto (tesorería, estado de resultados y balance general)*

|                                      | AÑO<br>0 | AÑO 1         | AÑO 2          | AÑO 3          | AÑO 4          | AÑO 5          |
|--------------------------------------|----------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>TOTAL ACTIVO<br/>CORRIENTE</b>    | \$ 0     | \$ 40.816.514 | \$ 73.846.578  | \$ 121.107.076 | \$ 257.283.617 | \$ 292.524.966 |
| <b>TOTAL ACTIVO FIJO</b>             | \$ 0     | \$ 11.520.000 | \$ 11.520.000  | \$ 11.520.000  | \$ 11.520.000  | \$ 11.520.000  |
| <b>TOTAL ACTIVO</b>                  | \$ 0     | \$ 52.336.514 | \$ 85.366.578  | \$ 132.627.076 | \$ 268.803.617 | \$ 304.044.966 |
| <b>TOTAL PASIVO<br/>CORRIENTE</b>    | \$ 0     | \$ 22.859.132 | \$ 18.289.084  | \$ 20.780.672  | \$ 26.210.418  | \$ 24.866.289  |
| <b>TOTAL PASIVO</b>                  | \$ 0     | \$ 30.659.132 | \$ 31.189.084  | \$ 41.615.672  | \$ 56.170.668  | \$ 65.320.576  |
| <b>TOTAL PATRIMONIO</b>              | \$ 0     | \$ 55.157.387 | \$ 90.890.867  | \$ 133.131.820 | \$ 163.385.508 | \$ 208.703.372 |
| <b>TOTAL PASIVO Y<br/>PATRIMONIO</b> | \$ 0     | \$ 85.816.519 | \$ 122.079.951 | \$ 174.747.492 | \$ 219.556.175 | \$ 274.023.948 |

Fuente: Elaboración Propia

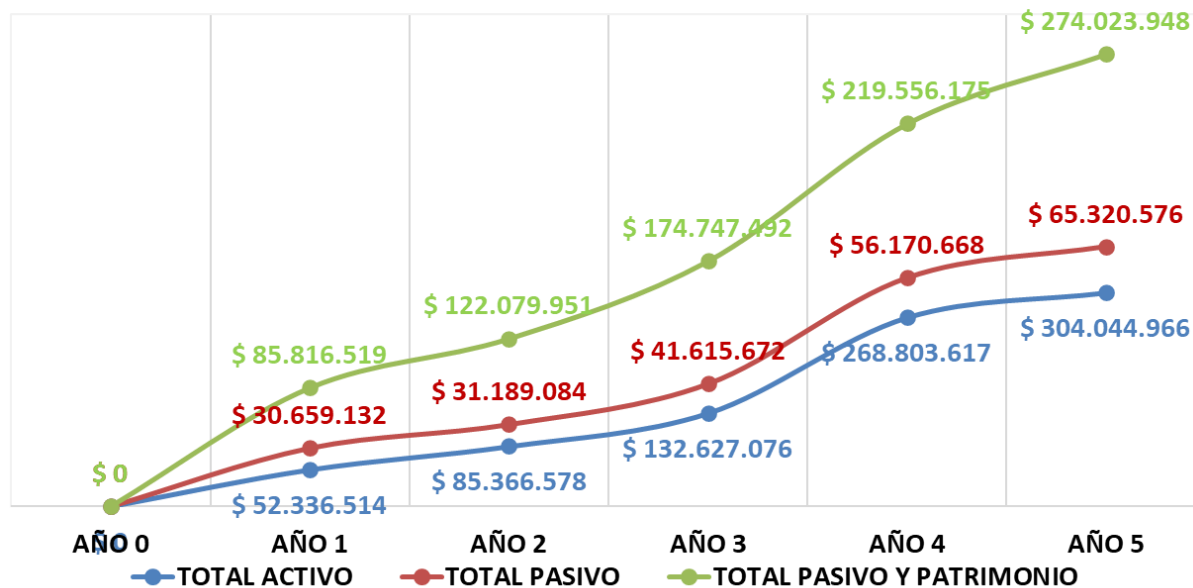
**BALANCE - GUIA CONSTRUCCIONES HIDRAULICAS**

Figura 15 Balance - Guía Construcciones Hidráulicas  
Fuente: Elaboración Propia

**2.3.6 Determinación del Flujo de Caja Neto del Proyecto**

Tabla 10

*Determinación del flujo de caja neto del proyecto*

|       | TOTAL INGRESOS | TOTAL EGRESOS  | SALDO FINAL DE CAJA |
|-------|----------------|----------------|---------------------|
| AÑO 0 | \$ 0           | -\$ 30.000.005 | -\$ 30.000.005      |
| AÑO 1 | \$ 127.000.000 | \$ 125.391.040 | -\$ 28.391.045      |
| AÑO 2 | \$ 148.484.336 | \$ 156.569.745 | -\$ 36.476.454      |
| AÑO 3 | \$ 190.032.725 | \$ 170.663.424 | -\$ 17.107.153      |
| AÑO 4 | \$ 306.544.185 | \$ 196.112.349 | \$ 93.324.683       |
| AÑO 5 | \$ 347.420.462 | \$ 227.938.390 | \$ 102.374.919      |

Fuente: Elaboración Propia

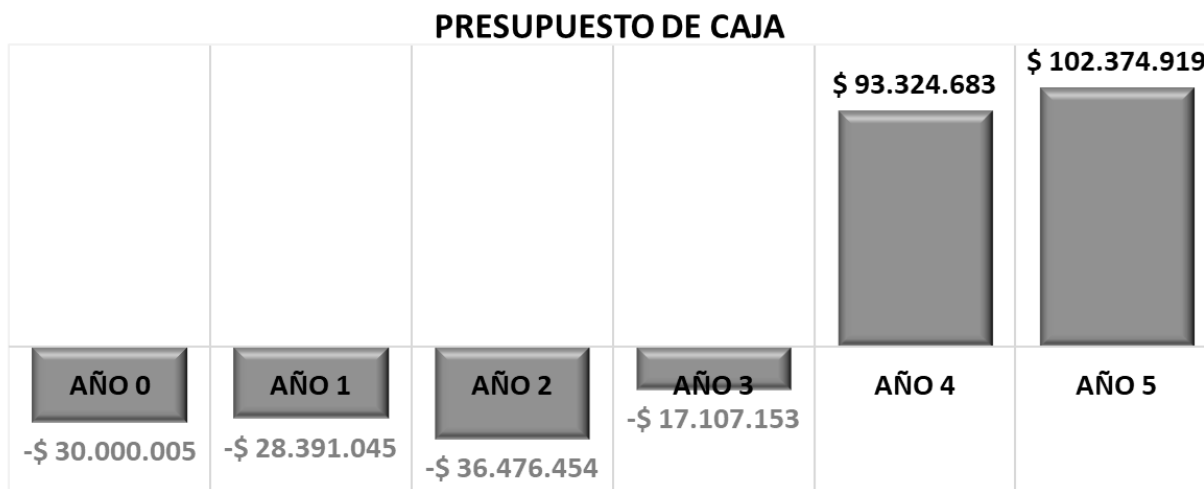


Figura 16 Presupuesto de caja  
Fuente: Elaboración Propia

### 2.3.7 Determinación Tasa de Descuento del Proyecto

La determinación de la tasa de descuento se posiciona como un elemento relevante para evaluar la rentabilidad y viabilidad de proyectos. Este informe destaca una tasa de descuento basada en el costo de oportunidad del 10%, valor que se considera razonable para emprendimientos de riesgo moderado, ya que refleja alternativas de inversión seguras sin exponerse a volatilidades extremas en sectores como el hidráulico, donde factores ambientales pueden alterar proyecciones. Esta tasa se complementa con el Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC) en 13,79%, que integra fuentes de financiamiento mixtas para capturar el costo real de capital en un contexto donde la deuda y el valor individual de la compañía (accionistas) deben equilibrarse para sostener fases de planificación extensas. La Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanza el 19%, superando holgadamente el WACC y señalando un potencial de ganancias que justifica la inversión en la guía, al optimizar cronogramas que reducen tiempos muertos en obras propensas a interrupciones por regulaciones o clima adverso. A su vez, el Valor Presente Neto (VPN) positivo de \$30.102.368 confirma que los flujos descontados generan excedentes, alineándose con prácticas que minimizan desviaciones en actividades críticas como excavaciones o instalaciones hidráulicas. El Valor Económico Agregado (EVA), calculado como la diferencia entre TIR y WACC en 5,21%, subraya la creación de valor por encima del costo de capital, fomentando decisiones que prioricen eficiencia en entornos de infraestructura donde cada retraso impacta directamente en la rentabilidad. Además, la viabilidad financiera cuantificada en \$102.363 apunta a un umbral de sostenibilidad que respalda la continuidad del proyecto, mientras el Retorno sobre la Inversión (ROI)

impresionante de 809,36% ilustra cómo la guía transforma costos iniciales en multiplicadores de beneficios a largo plazo. Los valores e indicadores revelan una estructura robusta que integra riesgo con oportunidad, evitando subestimaciones en proyectos hidráulicos donde la precisión temporal es clave para evitar sobrecostos por imprevistos. Esta aproximación no solo valida la intensidad del proyecto al promover ejecuciones ágiles, sino que asegura que las optimizaciones en cronogramas se traduzcan en métricas financieras sólidas, capaces de atraer inversores interesados en innovaciones prácticas para el sector civil. En escenarios reales, como la construcción de presas o canales, una tasa de descuento bien calibrada previene erosiones en el valor presente, permitiendo ajustes dinámicos ante variables externas. Los resultados también invitan a monitorear sensibilidades, como variaciones en el WACC por fluctuaciones en tasas de interés, para mantener el EVA positivo y reforzar la resiliencia económica. En esencia, esta determinación de tasas posiciona al proyecto como un modelo de equilibrio financiero, donde el control de descuentos se entrelaza con estrategias operativas para generar impactos duraderos en infraestructura hidráulica, priorizando rentabilidades que superen expectativas moderadas.

Tasa de descuento (CPC) 10 % Costo de Oportunidad = Se considera razonable para proyectos de riesgo moderado; se alinea con el costo de oportunidad expuesto en el siguiente cuadro.

### **2.3.8 Evaluación Financiera del Proyecto (VPN, TIR O de Beneficio-Costo, Punto de Equilibrio)**

En este numeral se refiere, evalúa y analiza los indicadores como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el beneficio-costos y el punto de equilibrio que se erigen como pilares para medir la robustez económica de este proyecto. El informe en tablas presenta un flujo de tesorería después de impuestos que arranca con \$30.000.005 en el año 0 —posiblemente de aportes iniciales para el desarrollo de la guía—, seguido de \$1.608.960 en 2026, un saldo negativo de -\$8.085.409 en 2027 que podría reflejar inversiones intensas en consultorías o actualizaciones, y una recuperación ascendente con \$19.369.301 en 2028, \$110.431.836 en 2029 y \$119.482.071 en 2030. Aplicando una tasa de descuento del 10% como costo de oportunidad, razonable para riesgos moderados en entornos hidráulicos volátiles por factores como regulaciones ambientales o clima impredecible, se obtiene un VPN altamente positivo de \$30.102.368, confirmando que los flujos descontados generan excedentes significativos y aprueban la iniciativa. La TIR del 19% supera el WACC de 13,79%,

resultando en un EVA de 5,21% que destaca la creación de valor económico por encima del costo de capital, alineado con prácticas que minimizan demoras en cronogramas para evitar erosiones en rentabilidad. Además, la viabilidad financiera cuantificada en \$102.363 y un ROI impresionante de 809,36% subrayan retornos excepcionales, posicionando al proyecto como altamente viable bajo criterios económicos estrictos. Estas métricas no solo validan la optimización de actividades operativas y de administración, sino que demuestran cómo una planificación al detalle transforma desafíos operativos en oportunidades de ganancias sostenidas, especialmente en obras civiles donde cada interrupción equivale a pérdidas cuantiosas. De lo anterior se resalta que el punto de equilibrio implícito en estos flujos — alcanzado rápidamente tras el año negativo— fortalece la resiliencia, permitiendo ajustes por inflación o imprevistos sin comprometer el beneficio-costo favorable. En contextos hidráulicos complejos, como la construcción de canales o presas, un VPN tan robusto incentiva inversiones en herramientas como esta guía, que reducen tiempos muertos y potencian eficiencias técnicas. Se enfatiza lo excelente de la TIR al superar barreras de costo, y lo positivo del EVA para un desempeño superior, invitando a considerar escenarios de sensibilidad ante variaciones en tasas de interés. En suma, esta evaluación financiera eleva la guía a un estatus de activo estratégico y de valor, integrando control presupuestario con ejecución ágil para generar impactos duraderos en el sector de infraestructura, donde la precisión en cronogramas se traduce directamente en métricas de éxito económico.

Tabla 11

*Evaluación Financiera del proyecto (VPN, TIR o de beneficio-costos, punto de equilibrio)*

| Flujo de Tesorería                              | 0                | 1            | 2             | 3             | 4              | 5              |
|-------------------------------------------------|------------------|--------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| Flujo de caja del proyecto después de impuestos | \$ 30.000.005    | \$ 1.608.960 | -\$ 8.085.409 | \$ 19.369.301 | \$ 110.431.836 | \$ 119.482.071 |
| Tasa de descuento (CPC) %                       | 10,0             |              |               |               |                |                |
| Factor de valor presente                        |                  |              |               |               |                |                |
| VPN (Valor Presente Neto)                       | \$ 30.102.368,48 |              |               |               |                |                |
| TIR                                             | 19%              |              |               |               |                |                |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12

*Evaluación Financiera del proyecto*

|                                                       |                       |
|-------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>30/11/2025</b>                                     | <b>\$ 30.000.005</b>  |
| <b>30/11/2026</b>                                     | <b>\$ 1.608.960</b>   |
| <b>30/11/2027</b>                                     | <b>-\$ 8.085.409</b>  |
| <b>30/11/2028</b>                                     | <b>\$ 19.369.301</b>  |
| <b>30/11/2029</b>                                     | <b>\$ 110.431.836</b> |
| <b>30/11/2030</b>                                     | <b>\$ 119.482.071</b> |
| <b>Tasa de descuento (CPC) % Costo de Oportunidad</b> | <b>10%</b>            |
| <b>Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC)</b>     | <b>13,79%</b>         |
| <b>Tasa Interna de Retorno (TIR)</b>                  | <b>19%</b>            |
| <b>Valor Presente Neto (VPN)</b>                      | <b>\$ 30.102.368</b>  |
| <b>Valor Económico Agregado (EVA) (TIR-WACC)</b>      | <b>5,21%</b>          |
| <b>Viabilidad Financiera</b>                          | <b>\$ 102.363</b>     |
| <b>ROI</b>                                            | <b>809,36%</b>        |

Fuente: Elaboración Propia

**2.3.9 Análisis de Sensibilidad y Planes de Contingencia**

Como cierre en el proceso de análisis financiero de proyectos de infraestructura hidráulica y civil, el análisis de sensibilidad y los planes de contingencia representan herramientas esenciales para identificar vulnerabilidades y mitigar riesgos desde la planificación, ejecución y monitoreo de proyectos. Basado en los datos financieros proporcionados, este análisis evalúa el impacto de variaciones en variables clave sobre indicadores como el VPN de \$30.102.368, la TIR del 19% y el ROI del 809,36%, revelando la robustez del proyecto ante escenarios adversos. Por ejemplo, un incremento del 5% en la tasa de aumento anual de costos de materias primas —del 10% base a 15%— elevaría los egresos acumulados en aproximadamente \$15 millones a lo largo de los cinco años, reduciendo el VPN en un 12% hasta unos \$26.5 millones, mientras que una disminución al 5% lo impulsaría a \$33 millones, destacando la sensibilidad moderada a fluctuaciones en insumos como documentos y consultorías. De igual manera, variar la tasa de incremento salarial del 15% al 20% incrementaría los costos de mano de obra en \$25 millones totales, erosionando la TIR al 16,5% y exponiendo riesgos en la retención de desarrolladores clave para la guía. En cuanto a los ingresos, una caída del 10% en las proyecciones —de \$127 millones en el año 1 a \$114.3 millones— generaría un flujo neto negativo adicional en el año 2, bajando el VPN a \$22 millones y acercando el punto de equilibrio al año 4, lo que resalta la dependencia de la demanda por la guía en mercados de obras hidráulicas volátiles. Cambios en la tasa de descuento del 10% al 12% disminuirían el VPN a \$25.8 millones, confirmando que riesgos

macroeconómicos como inflación alta podrían comprometer la viabilidad, aunque el EVA positivo de 5,21% ofrece un colchón ante desviaciones menores. Estos resultados se enlazan directamente con el título del proyecto, ya que optimizar cronogramas reduce exposiciones a demoras que amplifican costos en entornos hidráulicos, donde factores como clima o regulaciones pueden alterar flujos en un 15-20%. Para contingencias, se propone un plan que incluye reservas del 10% del presupuesto inicial (\$1.05 millones) para imprevistos en materias primas, diversificación de proveedores para mitigar alzas en consultorías y un fondo de emergencia equivalente al 5% de los salarios anuales (\$5.7 millones en año 1) ante rotación de personal. Además, implementar revisiones trimestrales de cronogramas con simulaciones Monte Carlo permitiría ajustar proyecciones en tiempo real, evitando que desviaciones en el año 2 —como el flujo negativo de -\$8 millones— escalen a crisis. En casos de deuda, renegociar el crédito bancario si las tasas superan el 24% base, optando por financiamiento alternativo con tasas por debajo del WACC de 13,79%. Este enfoque no solo salvaguarda el patrimonio proyectado de \$208 millones en el año 5, sino que fortalece la ejecución ágil en obras civiles, donde contingencias por interrupciones hidráulicas demandan respuestas rápidas para preservar rentabilidad. Por lo anterior, es pertinente y conveniente recomendar la integración de seguros contra riesgos ambientales, cubriendo hasta \$10 millones en pérdidas por demoras, alineando así la guía con prácticas resilientes que transforman incertidumbres en oportunidades controladas. Como resumen se tiene que el análisis de sensibilidad valida la solidez financiera del proyecto, mientras los planes de contingencia aseguran su adaptabilidad en escenarios complejos de infraestructura, promoviendo una optimización de actividades que maximizan valor a pesar de volatilidades inherentes al sector como factores externos de mayor impacto en las fases de planificación de los proyectos y su ejecución.

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 3 Estudio Financiero

## **2.4 Estudio Social y Ambiental**

### **2.4.1 Definición del Impacto Social y Ambiental**

Los resultados del informe de impacto ambiental revelan un panorama mixto donde predominan desafíos significativos en la sostenibilidad, pero también oportunidades para intervenciones positivas. Este aparte busca estandarizar los procesos en obras hidráulicas e

infraestructurales, enfatizando la optimización temporal para reducir ineficiencias que agravan huellas ecológicas y sociales. Por ejemplo, en el ámbito ambiental, se destacan impactos negativos altos en áreas como el transporte y proveedores locales, donde el involucramiento de empresas zonales podría mitigar emisiones al priorizar cadenas cortas, aunque requiere registros detallados para evitar desorganización.

Similarmente, el consumo energético y las emisiones de CO<sub>2</sub> emergen como riesgos críticos, impulsando recomendaciones como integrar renovables o monitoreo continuo para alinear con metas de bajo carbono.

En residuos, el énfasis en reciclaje y reusabilidad apunta a minimizar contaminación, proponiendo planes integrales que midan efectividad mediante KPIs. La calidad del agua, aire y biodiversidad también sufren presiones altas, demandando controles estrictos y matrices de priorización para ecosistemas sensibles.

En el frente social, prácticas laborales brillan con impactos positivos medios en empleo y diversidad, promoviendo inclusión de mano de obra local, mujeres y minorías, junto a políticas anti-discriminación que fortalecen cohesión comunitaria. Derechos humanos y comportamiento ético, como anticorrupción y competencia leal, reciben calificaciones altas positivas, sugiriendo capacitaciones y auditorías para erradicar prácticas desleales.

## **2.4.2 Análisis, Descripción y Categorización de Beneficios y Costos**

### **Sociales. Balance Social**

Esta guía, orientada a estandarizar procesos en obras hidráulicas, prioriza la optimización temporal no solo para eficiencia operativa, sino para potenciar aspectos sociales como el empleo inclusivo y la equidad laboral, donde beneficios como la promoción de mano de obra local y la inclusión de mujeres, discapacitados y minorías generan un impacto positivo medio, fortaleciendo la cohesión comunitaria y reduciendo desigualdades según normativas colombianas como la Ley 2281 de 2023.

En categorías laborales, los costos se minimizan al evitar contrataciones directas de alto riesgo, pero surgen beneficios en salud y seguridad mediante el cumplimiento de leyes como la 1562 de 2012, con capacitaciones cíclicas que elevan el aprendizaje organizacional a niveles positivos bajos.

Derechos humanos destacan con ventajas claras en no discriminación y trabajo por edad, respaldados por leyes como la 70 de 1993, categorizándose como impactos medios positivos que fomentan entornos éticos y voluntariado comunitario, aunque requieren políticas

corporativas explícitas para evitar brechas. En sociedad y consumidores, los beneficios altos en políticas públicas y anticorrupción, alineados con el Estatuto Anticorrupción (Ley 1474 de 2011), contrastan con costos menores en mercadeo, donde la diversificación de canales genera valor de marca, pero exige vigilancia para privacidad bajo la Ley 1581 de 2012. El comportamiento ético, con adquisiciones transparentes y competencia leal per la Ley 256 de 1996, inclina el balance social hacia lo positivo alto, promoviendo confianza entre stakeholders como municipalidades, contratistas y comunidades.

Grupos de interés, desde academia hasta usuarios finales, se benefician de protocolos de consulta previa, categorizando apoyos comunitarios como bajos positivos que, sin embargo, aseguran satisfacción y equidad.

A continuación, se presenta en la Tabla 13 la información concerniente a los beneficios sociales con base en la categorización de beneficios y el respectivo nivel de impacto.

Tabla 13

*Análisis, descripción y categorización de beneficios y costos sociales. Balance social*

| <b>Categoría</b>                             | <b>Subcategoría</b>                    | <b>Beneficio Descrito</b>                                                                                  | <b>Impacto (Nivel)</b> |
|----------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| <b>Prácticas Laborales y Trabajo Decente</b> | Empleo y Dotación de Personal          | Promueve empleos justos, seguros e inclusivos, mejorando calidad de vida y apoyando desarrollo sostenible. | -2 (Positivo medio)    |
| <b>Prácticas Laborales y Trabajo Decente</b> | Relaciones Laborales / de Gestión      | Gestiona información de manera adecuada con cuestionarios neutrales para evitar afectaciones.              | -2 (Positivo medio)    |
| <b>Prácticas Laborales y Trabajo Decente</b> | Salud y Seguridad                      | Respeto normas de tránsito y desarrolla políticas de SST, minimizando riesgos.                             | -1 (Positivo bajo)     |
| <b>Prácticas Laborales y Trabajo Decente</b> | Educación y Capacitación               | Ofrece capacitaciones cíclicas a stakeholders según expectativas de uso de la guía.                        | -1 (Positivo bajo)     |
| <b>Prácticas Laborales y Trabajo Decente</b> | Aprendizaje Organizacional             | Define roles y responsabilidades claras en el desarrollo de la guía.                                       | -1 (Positivo bajo)     |
| <b>Prácticas Laborales y Trabajo Decente</b> | Diversidad e Igualdad de Oportunidades | Fomenta inclusión de mano de obra local, mujeres, discapacitados y minorías, midiendo impactos sociales.   | -2 (Positivo medio)    |
| <b>Derechos Humanos</b>                      | No Discriminación                      | Elimina barreras discriminatorias, mejorando bienestar y reduciendo desigualdades.                         | -2 (Positivo medio)    |

|                                |                                              |                                                                                       |                     |
|--------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Derechos Humanos</b>        | Trabajo de acuerdo con la Edad               | Promueve condiciones equitativas y adaptadas, fomentando inclusión intergeneracional. | -2 (Positivo medio) |
| <b>Derechos Humanos</b>        | Trabajo Voluntario                           | Fomenta participación comunitaria con transparencia y capacitación.                   | -2 (Positivo medio) |
| <b>Sociedad y Consumidores</b> | Apoyo de la Comunidad                        | Incluye protocolos para consultas previas, garantizando satisfacción comunitaria.     | -1 (Positivo bajo)  |
| <b>Sociedad y Consumidores</b> | Políticas Públicas / Cumplimiento            | Estandariza cumplimiento de responsabilidades sin variar por proyecto.                | -3 (Positivo alto)  |
| <b>Sociedad y Consumidores</b> | Salud y Seguridad del Consumidor             | Asegura satisfacción del consumidor final con retroalimentación en ejecución.         | -3 (Positivo alto)  |
| <b>Sociedad y Consumidores</b> | Protección para Pueblos Indígenas y Tribales | Garantiza respeto a derechos, culturas y territorios con consultas previas.           | -2 (Positivo medio) |
| <b>Sociedad y Consumidores</b> | Etiquetas de Productos y Servicios           | Genera sello de calidad y valor de marca en el mercado.                               | -1 (Positivo bajo)  |
| <b>Sociedad y Consumidores</b> | Mercadeo y Publicidad                        | Diversifica medios de comunicación para publicidad de la guía.                        | -1 (Positivo bajo)  |
| <b>Sociedad y Consumidores</b> | Privacidad del Consumidor                    | Fomenta confianza y protege derechos con manejo responsable de datos.                 | -2 (Positivo medio) |
| <b>Comportamiento Ético</b>    | Prácticas de Adquisiciones                   | Asegura transparencia en selección de proveedores y cadena de suministro.             | -3 (Positivo alto)  |
| <b>Comportamiento Ético</b>    | Anticorrupción                               | Reduce pérdidas por corrupción con capacitaciones y seguimientos.                     | -3 (Positivo alto)  |
| <b>Comportamiento Ético</b>    | Competencia Leal                             | Estandariza procesos para evitar competencia desleal con capacitaciones.              | -3 (Positivo alto)  |

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se presenta en la Tabla 14 la información concerniente a los beneficios sociales con base en la categorización de beneficios y el respectivo nivel de impacto.

Tabla 14

Beneficios Totales (Positivos), Costos Totales (Esfuerzos/Negativos), Balance Neto

| <b>Aspecto Principal</b>                     | <b>Beneficios Totales (Positivos)</b>               | <b>Costos Totales (Esfuerzos/Negativos)</b>    | <b>Balance Neto</b>                          | <b>Justificación Principal</b>                                                                |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Prácticas Laborales y Trabajo Decente</b> | Alto (Inclusión, seguridad y capacitación)          | Medio (Planificación y cumplimiento normativo) | Positivo (Sobresalen mejoras en bienestar)   | Equilibra equidad con inversiones en SST y roles claros, alineado con desarrollo sostenible.  |
| <b>Derechos Humanos</b>                      | Alto (Reducción de desigualdades y inclusión)       | Bajo (Capacitaciones y políticas)              | Positivo alto (Fomenta entornos éticos)      | Protege derechos con mínimo esfuerzo adicional, fortaleciendo comunidades.                    |
| <b>Sociedad y Consumidores</b>               | Alto (Satisfacción y privacidad)                    | Medio-alto (Cumplimiento y diversificación)    | Positivo (Confianza y equidad)               | Beneficios en apoyo comunitario superan costos normativos, promoviendo transparencia.         |
| <b>Comportamiento Ético</b>                  | Alto (Transparencia y anticorrupción)               | Bajo (Auditorías y seguimientos)               | Positivo alto (Confianza entre stakeholders) | Reduce riesgos con capacitaciones eficientes, generando desarrollo económico local.           |
| <b>Balance General</b>                       | Predominantemente positivo (Mejora social integral) | Moderado (Inversiones en implementación)       | Favorable (Sostenibilidad social robusta)    | El proyecto inclina hacia impactos positivos, con costos mitigables mediante estandarización. |

Fuente: Elaboración Propia

### 2.4.3 Análisis, Descripción y Categorización de Beneficios y Costos Ambientales.

Dentro de este análisis que se enfoca en agilizar cronogramas de obras hidráulicas, revela costos ambientales altos en transporte, donde involucrar proveedores locales genera interacciones cercanas, pero implica erosión por movimientos de tierra y emisiones de CO<sub>2</sub> de vehículos, valorados en +3 negativo alto bajo normativas como el control de movilización automotor.

En energía, los costos se acentúan con consumos elevados de combustible en maquinaria, intensificando emisiones que agravan el calentamiento global, reguladas por leyes como la 1819 de 2016 sobre impuesto al carbono, aunque beneficios emergen al implementar renovables por la Ley 1715 de 2014, reduciendo dependencia fósil y ofreciendo retornos limpios.

Residuos representan costos medios (+2 negativo), con generación de sólidos y disposición final que demandan planes integrales como el PGIRS de la Resolución 591 de 2024, pero otorgan beneficios en reciclaje y reusabilidad al reutilizar materiales insitu, minimizando desperdicios. En agua, impactos altos negativos por consumo excesivo y contaminación de calidad amenazan ecosistemas, controlados por la Ley 373 de 1997 y decreto 1575 de 2007, con ventajas en almacenamiento de lluvia para ahorrar recursos. Aspectos significativos como erosión en recolección de información (valoración 3,0-3,4) y emisiones en transporte vehicular (3,4) destacan costos en biodiversidad y suelos, mientras beneficios surgen de optimizaciones que acortan tiempos operativos, disminuyendo duración de impactos acústicos o particulados.

Globalmente, los costos ambientales superan inicialmente por gravedades en GEI y erosión, pero el balance se inclina hacia positivo con medidas como monitoreo continuo y matrices de priorización, posicionando la guía como herramienta clave para proyectos resilientes en Colombia, donde urge fortalecer justificaciones en áreas de bajo impacto como comunicación digital.

A continuación, se presenta la relación de tablas en las que se considera la puntualidad del impacto ambiental en el desarrollo de la implementación del proyecto y la relación de consideraciones durante la implementación de las prácticas para la mejora de gestión del cronograma de actividades.

Se presenta la categorización de los beneficios ambientales.

Tabla 15

*Categorización de Beneficios Ambientales*

| <b>Categorización de Beneficios Ambientales</b> |                             |                                                                                                                                       |                                 |
|-------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| <b>Categoría</b>                                | <b>Subcategoría</b>         | <b>Beneficio Descrito</b>                                                                                                             | <b>Impacto (Nivel)</b>          |
| <b>Transporte</b>                               | Proveedores Locales         | Priorizar empresas zonales reduce distancias, minimizando emisiones y apoyando economía local mediante articulación en adquisiciones. | -3 (Positivo alto, mitigación)  |
| <b>Transporte</b>                               | Comunicación Digital        | Facilita acceso remoto a información, reduciendo necesidad de reuniones presenciales y desplazamientos.                               | -2 (Positivo medio)             |
| <b>Transporte</b>                               | Viajes y Desplazamientos    | Promover teletrabajo y software de rutas optimizadas disminuye movimientos físicos y emisiones asociadas.                             | -3 (Positivo alto, mitigación)  |
| <b>Transporte</b>                               | Logística (Transporte)      | Uso de teletrabajo y planificación de rutas minimiza distancias y tiempos de viaje, bajando huella de carbono.                        | -3 (Positivo alto, mitigación)  |
| <b>Energía</b>                                  | Consumo de Energía          | Integrar renovables, equipos eficientes y educación en consumo responsable reduce dependencia de fósiles.                             | -3 (Positivo alto, mitigación)  |
| <b>Energía</b>                                  | Emisiones / CO2 por Energía | Evaluación exhaustiva, tecnologías avanzadas, transporte sostenible y compensación mitigan calentamiento global.                      | -3 (Positivo alto, mitigación)  |
| <b>Energía</b>                                  | Energía Renovable           | Buscar financiamiento y involucrar comunidades en proyectos renovables promueve suministro limpio local.                              | -3 (Positivo alto)              |
| <b>Energía</b>                                  | Retorno de Energía Limpia   | Implementar mecanismos de producción renovable genera beneficios en eficiencia y captura de carbono.                                  | -1 (Positivo bajo, mitigación)  |
| <b>Residuos</b>                                 | Reciclaje                   | Reutilización onsite de residuos da segunda vida a materiales, reduciendo desperdicio.                                                | -2 (Positivo medio, mitigación) |
| <b>Residuos</b>                                 | Disposición Final           | Manejo temporal según normatividad y plan de gestión asegura minimización de daños ecológicos.                                        | -2 (Positivo medio, mitigación) |
| <b>Residuos</b>                                 | Reusabilidad                | Programa estructurado con KPIs promueve reutilización y reciclaje, midiendo impacto positivo.                                         | -2 (Positivo medio)             |
| <b>Residuos</b>                                 | Contaminación y Polución    | Acciones concretas con KPIs abordan impactos negativos, mejorando gestión ambiental.                                                  | -2 (Positivo medio, mitigación) |

|                            |                                  |                                                                                              |                                 |
|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| <b>Residuos</b>            | Generación de Residuos           | PGIRS y campañas de sensibilización garantizan manejo responsable y sostenible.              | -2 (Positivo medio, mitigación) |
| <b>Tierra, Aire y Agua</b> | Calidad del Agua y Aire          | Minimizar impactos en elementos sensibles cumple con plan de manejo ambiental.               | -3 (Positivo alto, mitigación)  |
| <b>Tierra, Aire y Agua</b> | Diversidad Biológica             | Revisión de impactos en ecosistemas asegura cumplimiento y protección de biodiversidad.      | -3 (Positivo alto, mitigación)  |
| <b>Tierra, Aire y Agua</b> | Desplazamiento de Agua Sanitaria | Canalización a red local con matriz de priorización maneja residuos hídricos eficientemente. | -3 (Positivo alto, mitigación)  |
| <b>Tierra, Aire y Agua</b> | Consumo del Agua                 | Registro de medición, almacenamiento de lluvia y aprovechamiento reducen uso excesivo.       | -3 (Positivo alto, mitigación)  |

Fuente: Elaboración Propia

De lo anterior, se diligencia el formato de Balance Ambiental.

Tabla 16

*Balance Ambiental*

| <b>Balance Ambiental</b> |                                                                      |                                             |                                             |                                                                                                      |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aspecto Principal</b> | <b>Beneficios Totales (Positivos/Mitigaciones)</b>                   | <b>Costos Totales (Negativos/Esfuerzos)</b> | <b>Balance Neto</b>                         | <b>Justificación Principal</b>                                                                       |
| <b>Transporte</b>        | Alto (Reducción de emisiones por optimizaciones locales y digitales) | Alto (Emisiones y erosión por movimientos)  | Neutro (Mitigaciones equilibran impactos)   | Estrategias como teletrabajo contrarrestan costos en logística, alineadas con sostenibilidad.        |
| <b>Energía</b>           | Alto (Transición a renovables y eficiencia)                          | Alto (Consumo fósil y emisiones GEI)        | Positivo (Oportunidades en limpias superan) | Medidas de compensación y financiamiento inclinan hacia bajo carbono, pese a dependencias iniciales. |
| <b>Residuos</b>          | Medio (Reutilización y planes integrales)                            | Medio (Generación y disposición ecológica)  | Positivo (Reducción de desperdicios)        | PGIRS y KPIs transforman costos en ciclos sostenibles,                                               |

|                            |                                                                                |                                                  |                                           |                                                                                                                         |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            |                                                                                |                                                  |                                           | minimizando daños.                                                                                                      |
| <b>Tierra, Aire y Agua</b> | Alto (Protección de calidad y biodiversidad)                                   | Alto (Contaminación y agotamiento hídrico)       | Neutro (Cumplimiento normativo equilibra) | Matrices y almacenamiento de lluvia mitigan riesgos altos en ecosistemas sensibles.                                     |
| <b>Balance General</b>     | Predominantemente mitigador (Eficiencia operativa reduce duración de impactos) | Significativo (Erosión, GEI y residuos en obras) | Favorable (Hacia sostenibilidad)          | La guía optimiza cronogramas para acortar exposiciones ambientales, con costos manejables vía regulaciones colombianas. |

Fuente: Elaboración Propia

#### 2.4.4 Análisis Ciclo de Vida del Producto o Bien o Servicio o Resultado (Ecoindicador 99, Iso 14040/44/Tr14047 Y Pas 2050)

El estudio del ciclo de vida (ECV) examina el efecto ambiental de un producto, servicio o resultado durante todo su ciclo, desde la obtención de materias primas hasta su eliminación final. Fundamentado en normativas como EcoIndicador 99, ISO 14040/44, TR14047 y PAS 2050, este método facilita la identificación de puntos críticos de impacto ambiental y la optimización de procesos en dirección a la sostenibilidad. En la Tabla 17 se muestra un resumen de los resultados del ACV, describiendo las etapas del ciclo, los indicadores ambientales importantes y las metodologías utilizadas. Este estudio apoya la toma de decisiones estratégicas para disminuir la huella ecológica, aumentar la eficiencia y adherirse a regulaciones ambientales. Los datos denotan un método sistemático para asegurar la comparabilidad y credibilidad de los resultados.

Tabla 17

##### Análisis de EcoIndicador 99

| Análisis de EcoIndicador 99 |             |
|-----------------------------|-------------|
| Aspecto                     | Descripción |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Visión General</b>   | Método de evaluación de impacto en el ciclo de vida (LCIA) orientado al daño, que mide los efectos ambientales en tres categorías principales: salud humana, calidad ecosistémica y recursos. Desarrollado para simplificar el eco-diseño y el análisis LCA. |
| <b>Principios Clave</b> | Enfocado en daños finales (end-point), con modelado de vías de impacto desde emisiones hasta efectos en la salud, ecosistemas y agotamiento de recursos. Incluye normalización y ponderación para obtener un indicador único (puntos Eco-indicator).         |
| <b>Fases/Etapas</b>     | Clasificación de impactos en categorías intermedias (mid-point) como acidificación o eutrofización, luego agregación a daños finales.                                                                                                                        |
| <b>Aplicaciones</b>     | Útil para diseñadores y empresas en evaluación de productos, comparaciones y optimización ambiental, como en construcciones o infraestructuras.                                                                                                              |
| <b>Fortalezas</b>       | Simplifica resultados complejos en un puntaje único, facilitando decisiones; basado en ciencia con enfoque pragmático.                                                                                                                                       |
| <b>Limitaciones</b>     | Subjetividad en ponderaciones culturales; no cubre todos impactos (e.g., biodiversidad detallada); desactualizado frente a métodos más nuevos.                                                                                                               |

Fuente: Elaboración Propia

El estudio fundamentado en la norma ISO 14040 examina el efecto ambiental de un producto o servicio durante su ciclo de vida, desde la obtención de recursos hasta su eliminación final. Esta técnica ofrece un esquema organizado para reconocer y medir impactos ambientales, fomentando métodos sostenibles. La siguiente tabla resume los resultados del análisis, especificando las etapas del ciclo de vida, los indicadores ambientales principales y los datos recopilados de acuerdo a ISO 14040. Este método garantiza resultados consistentes y confiables, facilitando la toma de decisiones para reducir los impactos ambientales. Los datos mostrados evidencian un procedimiento sistemático conforme a normas internacionales, favoreciendo la mejora constante y el cumplimiento regulatorio.

Tabla 18

*Análisis de ISO 14040*

| <b>Análisis de ISO 14040</b> |                                                                                                                                                                               |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aspecto</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                            |
| <b>Visión General</b>        | Norma que establece los principios y marco para la evaluación del ciclo de vida (LCA), analizando impactos ambientales de productos desde la extracción hasta el fin de vida. |
| <b>Principios Clave</b>      | Enfoque holístico "de la cuna a la tumba"; independencia, transparencia y revisión por pares; no prescribe métodos específicos, solo framework.                               |
| <b>Fases/Etapas</b>          | Definición de objetivos y alcance; análisis de inventario (LCI); evaluación de impactos (LCIA); interpretación de resultados.                                                 |

|                     |                                                                                                                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aplicaciones</b> | Base para estudios LCA en industrias, políticas ambientales y certificaciones, como en proyectos de infraestructuras hidráulicas.    |
| <b>Fortalezas</b>   | Flexible y adaptable; promueve consistencia global en LCA; integra interpretación para decisiones informadas.                        |
| <b>Limitaciones</b> | No detalla requisitos operativos; requiere complementarse con ISO 14044 para guías prácticas; puede ser compleja sin datos precisos. |

Fuente: Elaboración Propia

La evaluación conforme a la norma ISO 14044 examina los efectos ambientales de un producto o servicio a lo largo de su vida útil, desde la extracción de materias primas hasta su eliminación final. Esta norma complementa la ISO 14040, ofreciendo directrices precisas para llevar a cabo evaluaciones sólidas y coherentes. La siguiente tabla muestra los resultados del análisis, abarcando las etapas del ciclo de vida, indicadores ambientales principales y datos recolectados de acuerdo con ISO 14044. Este método asegura exactitud y equivalencia, respaldando elecciones para disminuir la huella ambiental. Los resultados evidencian un proceso ordenado que favorece la sostenibilidad y el respeto a normas internacionales.

Tabla 19

*Análisis de ISO 14044*

| <b>Análisis de ISO 14044</b> |                                                                                                                                                                          |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aspecto</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                       |
| <b>Visión General</b>        | Norma que especifica requisitos y guías para realizar LCA, complementando ISO 14040 con detalles operativos. Cubre estudios LCA y LCI.                                   |
| <b>Principios Clave</b>      | Requisitos mínimos para transparencia, validez y reporting; manejo de incertidumbre; revisión crítica para credibilidad.                                                 |
| <b>Fases/Etapas</b>          | Detalla goal/scope (límites del sistema); LCI (recopilación de datos); LCIA (clasificación, caracterización, normalización); interpretación (sensibilidad, completitud). |
| <b>Aplicaciones</b>          | Guía para ejecuciones detalladas en manufactura, servicios y obras civiles, asegurando comparabilidad y robustez.                                                        |
| <b>Fortalezas</b>            | Proporciona directrices claras y exhaustivas; asegura calidad y reproducibilidad; adaptable a contextos variados.                                                        |
| <b>Limitaciones</b>          | Demanda recursos intensivos para datos; no incluye ejemplos específicos (ver ISO/TR 14047); posible sobrecarga en fases de interpretación.                               |

Fuente: Elaboración Propia

Se presenta información del análisis ISO/TR 14047

Tabla 20

*Análisis de ISO/TR 14047*

| <b>Análisis de ISO/TR 14047</b> |                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aspecto</b>                  | <b>Descripción</b>                                                                                                                                               |
| <b>Visión General</b>           | Informe técnico que proporciona ejemplos ilustrativos para aplicar ISO 14044 en la evaluación de impactos del ciclo de vida (LCIA). No es una norma obligatoria. |
| <b>Principios Clave</b>         | Ilustra prácticas actuales en LCIA; enfocado en clasificación, caracterización y ponderación de impactos.                                                        |
| <b>Fases/Etapas</b>             | Ejemplos en selección de categorías de impacto, modelado de factores de caracterización y análisis de sensibilidad.                                              |
| <b>Aplicaciones</b>             | Útil para practicantes en escenarios reales, como productos o servicios, para interpretar y reportar impactos ambientales.                                       |
| <b>Fortalezas</b>               | Ofrece casos prácticos para clarificar ISO 14044; mejora comprensión sin prescribir métodos fijos.                                                               |
| <b>Limitaciones</b>             | Solo ejemplos, no requisitos; limitado a impactos seleccionados; requiere conocimiento previo de ISO 14040/44.                                                   |

Fuente: Elaboración Propia

Se presenta información del análisis PAS 2050.

Tabla 21

*Análisis de PAS 2050*

| <b>Análisis de PAS 2050</b> |                                                                                                                                                      |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aspecto</b>              | <b>Descripción</b>                                                                                                                                   |
| <b>Visión General</b>       | Especificación para evaluar emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el ciclo de vida de bienes y servicios, enfocada en huella de carbono. |
| <b>Principios Clave</b>     | Enfoque en GEI (CO <sub>2</sub> eq); incluye cadena de suministro completa; requisitos para transparencia y reporting.                               |
| <b>Fases/Etapas</b>         | Definición de límites; recopilación de datos de emisiones; cálculo de huella; verificación y comunicación.                                           |
| <b>Aplicaciones</b>         | Para empresas en medición de productos/servicios, como en infraestructuras, para reducir emisiones y etiquetado carbono.                             |
| <b>Fortalezas</b>           | Método práctico y consensuado; alineado con ISO para GEI específicos; facilita iniciativas de descarbonización.                                      |
| <b>Limitaciones</b>         | Limitado a GEI, no cubre otros impactos; depende de datos de proveedores; puede subestimar emisiones indirectas si no se mide bien.                  |

Fuente: Elaboración Propia

### 2.4.5 Definición de Flujo de Entradas y Salidas

El análisis de las entradas y salidas de flujos evalúa los recursos utilizados y los productos generados en un proceso, teniendo en cuenta sus efectos sociales y ambientales.

Este método reconoce recursos, energía y emisiones, así como el impacto en comunidades y ecosistemas. El siguiente texto describe los flujos principales, relacionándolos con los hallazgos del estudio social y ambiental. Se consideran insumos como materias primas y resultados como residuos o emisiones, en consonancia con criterios de sostenibilidad. Este estudio facilita la optimización de procesos, minimiza efectos adversos y fomenta ventajas sociales. La información proporcionada brinda una perspectiva completa para realizar decisiones responsables.

### 2.4.6 Cálculo de Impacto Ambiental Bajo Criterios P5TM

El análisis de impacto ambiental según los criterios P5TM examina cómo un proyecto o proceso afecta al entorno, considerando cinco pilares: personas, planeta, prosperidad, paz y asociaciones. Este enfoque integral evalúa efectos en recursos, emisiones y comunidades. El siguiente texto describe los hallazgos del análisis, señalando indicadores importantes y sus consecuencias según P5TM. Se toman en cuenta elementos como el uso de energía, producción de desechos y ventajas sociales. Este enfoque fomenta elecciones sostenibles y en consonancia con metas globales. La información proporcionada brinda una base sólida para mejorar procesos y reducir efectos adversos.

Tabla 22

*Cálculo de impacto ambiental bajo criterios P5TM*

| Cálculo de impacto ambiental bajo criterios P5TM |                      |                             |    |                                                                                                                                                                                                                             |       |                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sub Categorías                                   | Elementos            | Fase 1                      | .  | Justificación                                                                                                                                                                                                               | TOTAL | Acciones de mejora/respuesta                                                                                                                                                                                  |
| Transporte                                       | Proveedores locales  | +3 - Impacto negativo alto  | 3  | Involucrar a proveedores locales significa dar prioridad a las empresas y trabajadores de la zona para que ofrezcan los bienes y servicios que el proyecto necesita, como materiales de construcción, transporte o catering | 3     | Mantener un registro detallado de todas las interacciones con los proveedores, incluyendo correos electrónicos, llamadas y reuniones. Esto ayuda a tener un historial claro de las conversaciones y acuerdos. |
|                                                  | Comunicación digital | -2 - Impacto positivo medio | -2 | Facilita el acceso a la información para personas que pueden no tener la oportunidad de participar en reuniones presenciales,                                                                                               | -2    | Identifica las plataformas digitales más adecuadas para tu audiencia, como redes sociales, blogs, correos electrónicos, webinars y sitios web.                                                                |

|                |                                     |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------|-------------------------------------|----------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                |                                     |                            |   | especialmente en áreas remotas.                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                | Viajes y desplazamientos            | +3 - Impacto negativo alto | 3 | Los viajes y desplazamientos incluyen todas las actividades de transporte relacionadas con un proyecto, desde los traslados diarios de los trabajadores hasta el envío de materiales por parte de los proveedores                                                                                           | 3 | Promover el teletrabajo y las reuniones virtuales para reducir la necesidad de desplazamientos físicos. - Utilizar software de planificación de rutas para minimizar el tiempo y la distancia de los viajes.                                                                                                                                                                                                                              |
|                | Logística (Transporte)              | +3 - Impacto negativo alto | 3 | Los viajes y desplazamientos incluyen todas las actividades de transporte relacionadas con un proyecto, desde los traslados diarios de los trabajadores hasta el envío de materiales por parte de los proveedores                                                                                           | 3 | Promover el teletrabajo y las reuniones virtuales para reducir la necesidad de desplazamientos físicos. - Utilizar software de planificación de rutas para minimizar el tiempo y la distancia de los viajes.                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Energía</b> | Consumo de Energía                  | +3 - Impacto negativo alto | 3 | El consumo de energía se refiere a toda la energía necesaria para llevar a cabo un proyecto. Por ejemplo, una obra de infraestructura puede necesitar combustible para las excavadoras, electricidad para las oficinas temporales o energía para procesar materiales                                        | 3 | Integrar fuentes de energía renovable en el proyecto para reducir la dependencia de combustibles fósiles. - Seleccionar y utilizar equipos y maquinaria que sean energéticamente eficientes. - Educar a los empleados sobre prácticas de consumo responsable de energía.                                                                                                                                                                  |
|                | Emisiones /CO2 por la energía usada | +3 - Impacto negativo alto | 3 | Estas emisiones pueden intensificar el calentamiento global y tener efectos negativos en la calidad del aire y los ecosistemas cercanos. Por eso, es fundamental gestionarlas adecuadamente para reducir su impacto ambiental y asegurar que el proyecto esté en línea con los objetivos de sostenibilidad. | 3 | Realizar una evaluación exhaustiva de las emisiones generadas por el proyecto y establecer un sistema de monitoreo continuo. - Adoptar tecnologías avanzadas que reduzcan las emisiones en el proceso de producción y operación. - Promover el uso de medios de transporte sostenibles para reducir las emisiones generadas por el transporte de materiales y personal. - Implementar programas de compensación de emisiones para mitigar |

|                           |                           |                             |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           |                           |                             |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   | el impacto ambiental del proyecto.                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                           | Energía renovable         | +3 - Impacto negativo alto  | 3 | La energía renovable se obtiene a partir de recursos naturales que no se agotan, como el sol, el viento o el agua. Estos recursos pueden utilizarse para dar energía a equipos, iluminar áreas de trabajo e, incluso, suministrar electricidad a las comunidades cercanas.                                                                                                                                                                      | 3 | Buscar financiamiento y subsidios para apoyar la implementación de proyectos de energía renovable en comunidades locales. - Involucrar a la comunidad en la implementación de proyectos de energía renovable.                                                                                               |
|                           | Retorno de energía limpia | +1 - Impacto negativo bajo  | 1 | No Aplica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1 | No aplica                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Consumo (Residuos)</b> | Reciclaje                 | +2 - Impacto negativo medio | 2 | Este proceso consiste en manejar los residuos que se generan durante el proyecto para darles una segunda vida. Esto puede hacerse de diferentes maneras: reutilizándolos dentro del mismo proyecto                                                                                                                                                                                                                                              | 2 | Reutilización de residuos dentro del mismo proyecto                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                           | Disposición final         | +2 - Impacto negativo medio | 2 | La disposición final de los residuos se refiere a lo que se hace con los materiales que ya no se pueden reutilizar ni reciclar. En este caso, las opciones incluyen enviarlos a vertederos controlados, incinerarlos de manera segura o someterlos a tratamientos especiales para minimizar su impacto en el ambiente. El objetivo es garantizar que estos desechos no causen daños ecológicos y se manejen de la forma más responsable posible | 2 | Disponer de forma temporal y de acuerdo a la normatividad vigente y regulación sanitaria Aplicar el plan de gestion de residuos                                                                                                                                                                             |
|                           | Reusabilidad              | +2 - Impacto negativo medio | 2 | Consiste en aprovechar los residuos que se generan durante un proyecto y darles una nueva vida. Por ejemplo, se puede reutilizar concreto triturado para construir caminos dentro del mismo sitio, o donar madera sobrante para crear muebles destinados a espacios comunitarios. Esta práctica ayuda a reducir el desperdicio y promueve el uso                                                                                                | 2 | Desarrollar un programa estructurado que no solo se enfoque en la reducción de residuos, sino que también promueva la reutilización y el reciclaje de materiales generados durante el proyecto. - Establecer indicadores de éxito para medir la cantidad de residuos reutilizados y reciclados, así como el |

|                            |                          |                             |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            |                          |                             |   | sostenible de los recursos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   | impacto ambiental de estas acciones.                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                            | Contaminación y polución | +2 - Impacto negativo medio | 2 | Se refieren a cualquier impacto negativo que un proyecto pueda tener sobre el entorno, como el polvo generado en una obra de construcción, los gases emitidos por los vehículos, los residuos químicos que terminan en los ríos o el ruido producido por maquinaria pesada. Estos efectos pueden afectar tanto al medio ambiente como a las personas que viven cerca.                                                                                                     | 2 | Para abordar los impactos negativos de un proyecto sobre el entorno y mejorar la justificación de su gestión ambiental, es fundamental implementar acciones concretas y establecer indicadores clave de rendimiento (KPIs) que permitan medir la efectividad de estas acciones.                                               |
|                            | Generación de Residuos   | +2 - Impacto negativo medio | 2 | La disposición final de los residuos se refiere a lo que se hace con los materiales que ya no se pueden reutilizar ni reciclar. En este caso, las opciones incluyen enviarlos a vertederos controlados, incinerarlos de manera segura o someterlos a tratamientos especiales para minimizar su impacto en el ambiente. El objetivo es garantizar que estos desechos no causen daños ecológicos y se manejen de la forma más responsable posible.                          | 2 | Para mejorar la disposición final de los residuos y garantizar un manejo responsable y sostenible, es fundamental implementar un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS). - Desarrollar campañas de sensibilización sobre la importancia de la gestión de residuos y la disposición responsable en la comunidad. |
| <b>Tierra, aire y Agua</b> | Calidad del agua y aire  | +3 - Impacto negativo alto  | 3 | Durante la construcción de un proyecto, actividades comunes como excavar el terreno, usar maquinaria grande, transportar materiales o manejar productos químicos pueden generar polvo, liberar gases contaminantes al aire o incluso afectar el agua de ríos, pozos o lagos cercanos. Por eso, es muy importante estar atentos desde el comienzo y tomar medidas para controlar estos riesgos y proteger tanto el ambiente como la salud de las personas que viven cerca. | 3 | Generar al mínimo los impactos a los elementos más sensibles, asegurando el cumplimiento del plan de manejo ambiental.                                                                                                                                                                                                        |
|                            | Diversidad biológica     | +3 - Impacto negativo alto  | 3 | Durante el diseño y construcción de proyectos como carreteras, edificios,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 3 | Revisar los impactos a la diversidad biológica y ecosistemas circunvecinos o                                                                                                                                                                                                                                                  |

|                                  |                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------|----------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  |                            |   | actividades mineras o instalaciones energéticas, es posible que ocurran afectaciones al medio ambiente, como la pérdida de espacios donde viven plantas y animales, la contaminación del suelo o del agua, e incluso que se interrumpan las rutas por donde migran ciertas especies.                                                                                                 |   | establecidos en el área e influencia, asegurando el cumplimiento del plan de manejo ambiental.                                                                                                                       |
| Desplazamiento de agua sanitaria | +3 - Impacto negativo alto | 3 | En muchos proyectos de construcción, infraestructura o crecimiento urbano, es frecuente que sea necesario cambiar o mover las tuberías de alcantarillado que ya existen. Esto puede significar desviar el recorrido de las cañerías, crear nuevas conexiones o manejar momentáneamente el flujo de aguas residuales para que las obras puedan avanzar sin interrupciones ni riesgos. | 3 | Canalización y entrega a la red local de alcantarillado sanitario toda aguas sobre-utilizada o residual industrial y doméstica, diseñando una matriz de priorización (Impacto vs Factibilidad)                       |
| Consumo del agua                 | +3 - Impacto negativo alto | 3 | El uso excesivo del agua sin control puede causar problemas serios, como agotar fuentes naturales de agua, dejar sin suministro a las comunidades cercanas o alterar el equilibrio de los ecosistemas. Por eso, es muy importante saber cuánta agua se usa, cómo se usa y encontrar formas de usarla mejor                                                                           | 3 | Controlar por medio de registro en instrumento de medición del uso del recurso precioso. Instalar sistema de almacenamiento de agua lluvia. Aprovechar el almacenamiento de agua lluvia producida por precipitación. |

Fuente: Elaboración Propia

### 2.4.7 Cálculo de Huella de Carbono

El cálculo de la huella de carbono cuantifica las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por un producto, servicio o proceso a lo largo de su ciclo de vida. Este análisis identifica fuentes de emisión clave, como consumo energético y transporte, para promover estrategias de mitigación. El texto a continuación presenta los resultados del cálculo, detallando las emisiones por fase y su contribución al impacto climático. Basado en estándares como PAS 2050, el enfoque asegura precisión y comparabilidad. Los datos permiten optimizar

procesos y reducir el impacto ambiental. Este análisis es crucial para alinear proyectos con objetivos de sostenibilidad global.

Se presenta la Tabla 23 con el detalle de información del cálculo de huella de carbono.

Tabla 23

*Cálculo De La Huella De Carbono*

| CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                   |                 |               |                                 |                  |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------|---------------|---------------------------------|------------------|
| PROYECTO:                                                                | ELABORACIÓN DE GUÍA DE BUENAS PRACTICAS EN LA EJECUCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES EN PROYECTOS DE OBRAS CIVILES HIDRÁULICAS EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                   |                 |               |                                 |                  |
| INTEGRANTES                                                              | PEÑA PRADA MARIO FERNANDO - VELANDIA RISCANEVO ORLANDO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                 |               |                                 |                  |
| DESCRIPCIÓN DE PROCESOS                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                   |                 |               |                                 |                  |
| El proyecto se desarrollará teniendo en cuenta los siguientes procesos:  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                   |                 |               |                                 |                  |
| ETAPA:                                                                   | Se llevarán a cabo censos dirigidos a los stakeholders involucrados en una obra hidráulica que ha presentado factores críticos negativos, tales como retrasos en la ejecución, deficiencias en la calidad de las obras y una inadecuada gestión del territorio. Esta obra será tomada como caso de estudio para recopilar información detallada y específica sobre los puntos vulnerables en la gestión del proyecto. El objetivo es identificar con precisión las debilidades estructurales y operativas que han afectado su desempeño, a fin de proyectar una mejora hipotética en sus niveles de eficiencia y rendimiento. Para ello, se aplicarán principios y buenas prácticas en gestión de programación y elaboración de cronogramas, buscando demostrar el impacto positivo que tendría una planificación estratégica más robusta en el desarrollo de este tipo de proyectos. |                   |                 |               |                                 |                  |
| Recolección de datos de caso                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                   |                 |               |                                 |                  |
| Fuente: Elaboración Propia                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                   |                 |               |                                 |                  |
| 1. Recopilación y procesamiento de información de la gestión empresarial |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                   |                 |               |                                 |                  |
| CÁLCULO TOTAL DE LA HUELLA DE CARBONO POR ENERGÍA                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | DURACIÓN          | 1 MESES         |               |                                 |                  |
|                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                   |                 |               |                                 |                  |
| Equipo                                                                   | Emisión (Ton CO2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 20                | DIAS LABORABLES |               |                                 |                  |
| BMW 520D (RECORRIDO URBANO)                                              | 0,00955                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                   |                 |               |                                 |                  |
| HONDA CRV (RECORRIDO RURAL)                                              | 0,00962                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                   |                 |               |                                 |                  |
| TOTAL                                                                    | 0,01917                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                   |                 |               |                                 |                  |
| ENERGÍA DIRECTA: CONSUMO COMBUSTIBLE                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                   |                 |               |                                 |                  |
| EQUIPO                                                                   | TIEMPO (MESES)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | CANTIDAD DE HORAS | Consumo/hora    | CONSUMO (Gal) | FACTOR DE EMISIÓN (Kg CO2e-gal) | EMISIÓN (KG CO2) |
| Retroexcavadora                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                   |                 | 0             | 10,15                           | 0                |
| Motobomba de agua a gasolina                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                   |                 | 0             | 8,15                            | 0                |
| TOTAL KGCO2                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                   |                 |               |                                 | 0                |

|                                 |                |            |                |               |                                 |                  |            |        |       |
|---------------------------------|----------------|------------|----------------|---------------|---------------------------------|------------------|------------|--------|-------|
|                                 |                |            |                |               | TOTAL TON CO2                   | 0                | 1          |        |       |
| CONSUMO DE COMBUSTIBLE GASOLINA |                |            |                |               |                                 |                  |            |        |       |
| EQUIPOS DE TRANSPORTE           | TIEMPO (MESES) | kilómetros | Consumo gal/km | CONSUMO (gal) | FACTOR DE EMISIÓN (Kg CO2e-gal) | EMISIÓN (KG CO2) |            | KM/GAL |       |
| BMW 520D (RECORRIDO URBANO)     | 0,13           | 400        | 0,0181         | 0,9412        | 10,15                           | 9,55318          | 0,00955318 | 55     | URB   |
| HONDA CRV (RECORRIDO RURAL)     | 0,13           | 200        | 0,0454         | 1,1804        | 8,15                            | 9,62026          | 0,00962026 | 22     | RURAL |
|                                 |                |            |                |               | TOTAL KGCO2                     | 19,17344         |            |        |       |
|                                 |                |            |                |               | TOTAL TON CO2                   | 0,01917344       |            |        |       |

| ENERGÍA INDIRECTA: ENERGIA ELECTRICA |          |      |                |                 |                            |                    |                                |                  |               |
|--------------------------------------|----------|------|----------------|-----------------|----------------------------|--------------------|--------------------------------|------------------|---------------|
| MAQUINA                              | CANTIDAD | DÍAS | TRABAJO (DÍAS) | TRABAJO (HORAS) | FACTOR DE CONSUMO (WATT S) | CONSUMO REAL (Kwh) | FACTOR DE EMISIÓN (Kg CO2/Kwh) | EMISIÓN (KG CO2) | OBSERVACION   |
| COMPUTADOR PORTATIL (8 hr)           | 2        | 8    | 1              | 16              | 20                         | 0,32               | 0,164                          | 0,05             | PORTATIL MAC  |
| COMPUTADOR DE ESCRITORIO (8hr)       | 2        | 8    | 1              | 16              | 135                        | 2,16               | 0,164                          | 0,35             | PC OPTIMIZADO |
| ESCANER (2hr)                        | 1        | 4    | 4              | 8               | 150                        | 1,2                | 0,164                          | 0,20             |               |
| FOTOCOPIADORA LASER(4 hr)            | 1        | 4    | 4              | 16              | 480                        | 7,68               | 0,164                          | 1,26             |               |
| IMPRESORA LASER(1.5hr)               | 2        | 4    | 8              | 12              | 480                        | 5,76               | 0,164                          | 0,94             |               |
| BOMBILLOS (8hr)                      | 6        | 20   | 120            | 960             | 12                         | 11,52              | 0,164                          | 1,89             |               |
| CELULARES (8hr)                      | 2        | 30   | 60             | 480             | 8,4                        | 4,032              | 0,164                          | 0,66             |               |
| CAMARA FOTOGRAFICA NIKON D7500 4 HR  | 1        | 4    | 4              | 16              | 4,5                        | 0,072              | 0,164                          | 0,01             |               |
| TOTAL KGCO2                          |          |      |                |                 |                            |                    |                                | 5,37             |               |
| TOTAL TON CO2                        |          |      |                |                 |                            |                    |                                | 0,00537          |               |

| INTERNET                        |          |                |                            |                    |                               |                  |  |
|---------------------------------|----------|----------------|----------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|--|
| RED                             | CANTIDAD | TRABAJO (DÍAS) | FACTOR DE CONSUMO (GB/DIA) | CONSUMO REAL (GAL) | FACTOR DE EMISIÓN (KG CO2/GB) | EMISIÓN (KG CO2) |  |
| INTERNET 2 REPETIDORES + ROUTER | 2        | 20             | 2,4                        | 96                 | 0,2716                        | 26,07            |  |
| TOTAL TON CO2                   |          |                |                            |                    |                               | 0,026074         |  |

## 10. Transporte de personal

| EQUIPOS DE TRANSPORTE                                     | Km recorridos | Combustible | Consumo gal/km | Galones consumidos | FACTOR DE EMISIÓN (Kg CO2e-gal) | EMISIÓN (KG CO2) |
|-----------------------------------------------------------|---------------|-------------|----------------|--------------------|---------------------------------|------------------|
| Camioeta transporte herramienta y personal (doble cabina) |               | ACPM        |                | 0                  | 10,15                           | 0                |
| TOTAL TON CO2                                             |               |             |                |                    |                                 | 0                |

**CALCULO TOTAL DE LA HUELLA DE CARBONO****DURACIÓN : 1 mes / 20 días laborales**

| Material     | Emisión (Ton CO2) |
|--------------|-------------------|
| PAPEL        | 0,00941           |
| BOTTLETANK   | 0,00032           |
| INTERNET     | 0,02607           |
| <b>TOTAL</b> | <b>0,03581</b>    |

| PAPELERIA            |                |                    |                   |              |                                     |                  |
|----------------------|----------------|--------------------|-------------------|--------------|-------------------------------------|------------------|
| MATERIAL             | TIEMPO (MESES) | CANTIDAD DE RESMAS | PESO C/RESMA (KG) | CONSUMO (KG) | FACTOR DE EMISIÓN (Kg CO2/Kg papel) | EMISIÓN (KG CO2) |
| PAPEL                | 1              | 1,5                | 2,5               | 3,75         | 2,51                                | 9,4125           |
| <b>TOTAL TON CO2</b> |                |                    |                   |              |                                     | <b>0,0094125</b> |

| TINTA                                |                |                    |                   |              |                                      |                  |
|--------------------------------------|----------------|--------------------|-------------------|--------------|--------------------------------------|------------------|
| MATERIAL                             | TIEMPO (MESES) | CANTIDAD DE TONERS | PESO C/TONER (KG) | CONSUMO (KG) | FACTOR DE EMISIÓN (Kg CO2/Kg Toners) | EMISIÓN (KG CO2) |
| TINTA PARA IMPRESION EPSON (3 TANKS) | 1              | 1                  | 0,36              | 0,36         | 0,89                                 | 0,3204           |
| <b>TOTAL TON CO2</b>                 |                |                    |                   |              |                                      | <b>0,0003204</b> |

| PROCESOS DE PROYECTO                           | TOTAL EMISIONES (TON CO2) |
|------------------------------------------------|---------------------------|
| Energía directa                                | 0,019                     |
| Energía indirecta (equipos en area de acopio)  | 0,031                     |
| Por consumo de otros (papel, toners, internet) | 0,036                     |
| <b>TOTAL CALCULO DE HUELLA DE CARBONO</b>      | <b>0,08642</b>            |

Fuente: Elaboración Propia

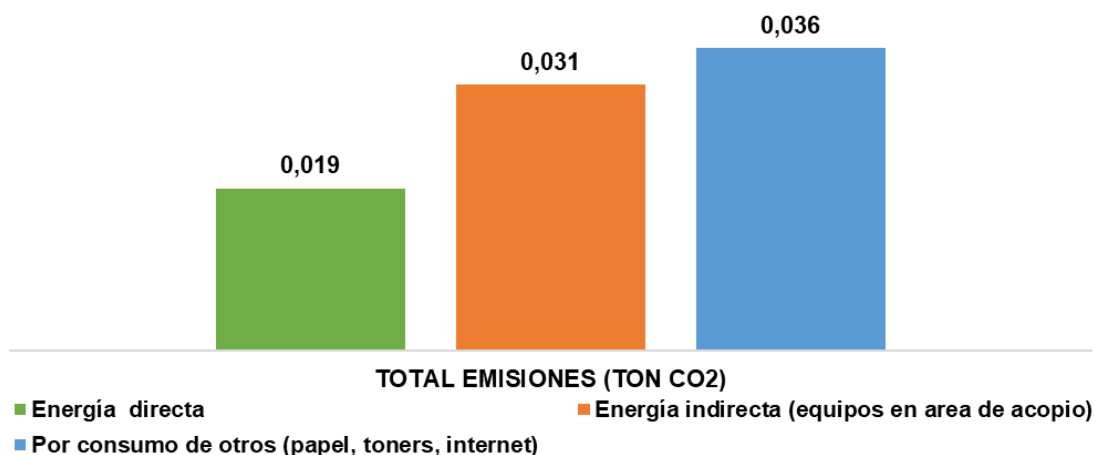
**HUELLA DE CARBONO GUÍA HIDRAULICA**

Figura 17 Huella de carbono - Guía Hidráulica

Fuente: Elaboración Propia

El proyecto "elaboración de guía de buenas prácticas en la ejecución y optimización del cronograma de actividades en proyectos de obras civiles hidráulicas y de infraestructura" tendrá una duración de 3 meses, aunque la huella de carbono se calculó en unidad de medida de 1 mes, en este tiempo obtendremos una producción de huella de carbono igual a 0.08642 Ton de CO<sub>2</sub> representando la fase del proyecto que es netamente investigativo y solo cuenta con una visita a campo para realizar unas encuestas de satisfacción a los interesados del proyecto que se toma como foco de investigación. La información obtenida es fundamental para la gestión empresarial, especialmente porque durante esta etapa el uso de internet, dispositivos electrónicos y materiales de oficina como la papelería es constante. Esto implica un impacto ambiental asociado al consumo de recursos tecnológicos y energéticos, el cual debe ser supervisado y regulado a lo largo del desarrollo del proyecto. De este modo, se puede ejercer un mayor control sobre los efectos ambientales y optimizar la ejecución del proyecto.

### 2.4.8 Estrategias de Mitigación de Impacto Ambiental

Se relaciona las estrategias propias de identificación y mitigación del impacto ambiental en la Tabla 24

Tabla 24

#### *Estrategias de mitigación de impacto ambiental*

| Estrategias de Mitigación |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Categoría                 | Estrategia de Mitigación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Impacto Esperado (Reducción)                        | Normativa Asociada / Justificación                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Transporte</b>         | Implementar un sistema integral de gestión logística que priorice proveedores locales mediante contratos preferenciales y registros digitales detallados de interacciones, combinado con la promoción masiva de teletrabajo, reuniones virtuales y herramientas avanzadas de software para optimización de rutas y planificación de acopios, reduciendo drásticamente desplazamientos innecesarios, emisiones vehiculares y erosión asociada en todas las fases del proyecto, incluyendo auditorías periódicas para evaluar cumplimiento y ajustes en tiempo real basados en datos GPS y análisis de huella de carbono. | Alto (Emisiones, desplazamientos y erosión -35-50%) | Ley 1819 de 2016 (impuesto al carbono), Regulación MINTIC y Decreto 1072 de 2015; fortalece cadenas cortas y digitales para minimizar huella en cronogramas optimizados, integrando KPIs de eficiencia para monitoreo continuo y alineación con metas nacionales de movilidad sostenible. |
| <b>Energía</b>            | Desarrollar un plan energético holístico que integre fuentes renovables como paneles solares y eólicas en sitios de                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Alto (GEI, consumo fósil y                          | Ley 1715 de 2014 (integración renovables), Ley 2169 de 2021 (reporte GEI) y Ley 697 de 2001;                                                                                                                                                                                              |

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            | trabajo y oficinas, respaldado por evaluaciones exhaustivas de emisiones, adopción de tecnologías avanzadas de bajo consumo, selección estricta de equipos eficientes con certificaciones ENERGY STAR, programas educativos intensivos para empleados sobre prácticas responsables, y mecanismos de compensación como bonos de carbono, todo con monitoreo continuo mediante sensores IoT para reducir dependencia fósil, emisiones GEI y retornos limpios ineficientes en consumos administrativos y operativos.                                                                                                                       | emisiones -30-45%)                                                   | alinea con huella de 0.019 ton CO2 directa, incorporando financiamientos y subsidios para comunidades, con auditorías anuales para maximizar eficiencia y cumplir con transiciones energéticas nacionales.                                                                                |
| <b>Residuos</b>            | Establecer un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) expandido con programas estructurados de reducción en origen, reutilización onsite obligatoria, reciclaje selectivo y disposición final regulada, apoyado por KPIs detallados para medir volúmenes reutilizados, campañas de sensibilización comunitaria y laboral extensas, y alianzas con recicladores locales para transformar toda generación de residuos en ciclos cerrados, minimizando contaminación por polvo, gases y químicos, con revisiones trimestrales para optimizar y evitar impactos ecológicos en vertederos o incineración.                       | Medio-Alto (Desperdicio, polución y generación -25-40%)              | Ley 373 de 1997 (reúso), Resolución 591 de 2024 (PGIRS) y Ley 511 de 1999 (reciclaje); transforma impactos medios negativos en economías circulares, integrando campañas educativas y métricas de éxito para alinear con normativas sanitarias y reducir huella en fases de construcción. |
| <b>Tierra, Aire y Agua</b> | Adoptar un plan de manejo ambiental comprehensivo con matrices de priorización (Impacto vs Factibilidad) ampliadas, revisiones exhaustivas de impactos en ecosistemas, medidas preventivas como barreras contra erosión y contaminantes, almacenamiento y reutilización de agua de lluvia en sistemas integrados, y protección estricta de biodiversidad mediante consultas comunitarias y restauración de hábitats afectados, todo con monitoreo ambiental continuo usando drones y sensores para minimizar alteraciones en calidad del agua/aire, desplazamientos sanitarios y consumos excesivos durante excavaciones y operaciones. | Alto (Contaminación, agotamiento y pérdida de biodiversidad -30-45%) | Decreto 1575 de 2007 (calidad agua), CONPES 3943 (aire) y Ley 373 de 1997 (PUEAA); mitiga riesgos altos en ecosistemas sensibles, incorporando matrices detalladas y revisiones periódicas para asegurar cumplimiento integral y resiliencia en proyectos hidráulicos.                    |

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 4 Estudio Social Y Ambiental

### 3. INICIO Y PLANEACIÓN DEL PROYECTO

#### 3.1 Aprobación del Proyecto (Project Charter)

El Acta de Constitución del Proyecto para la elaboración de la guía de buenas prácticas en la ejecución de actividades del cronograma de obra, establece de manera clara los objetivos, alcance, stakeholders principales, restricciones y supuestos bajo los cuales se desarrollará este. Este instrumento no solo define el marco de referencia para la ejecución y control del proyecto, sino que además otorga la autoridad necesaria para aplicar recursos organizacionales a las actividades asignadas. Esta acta permite alinear expectativas entre todos los involucrados, minimizando ambigüedades y fomentando una gestión eficiente y orientada a resultados. Además, sirve para la planificación detallada y la toma de decisiones estratégicas durante el ciclo de vida del proyecto. Se construye el acta con base en un rigor técnico y profesional, garantizando una comunicación clara y efectiva entre el equipo de trabajo y las partes interesadas.

A continuación, se presenta el detalle del acta de constitución del proyecto.

Tabla 25

#### *Información Del Proyecto*

| INFORMACIÓN DEL PROYECTO |                                                                                                                                                |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Empresa / Organización   | CivilOptimaPro                                                                                                                                 |
| Proyecto                 | Elaboración de Guía de Buenas Prácticas en la Ejecución y Optimización del Cronograma de Actividades en Proyectos de Obras Civiles Hidráulicas |
| Fecha de preparación     | Fecha de inicio: 01 de julio de 2025                                                                                                           |
| Cliente                  | Proyectos de ejecución civil de hidráulica e infraestructura                                                                                   |
| Patrocinador principal   | Inversiones Velandia Peña                                                                                                                      |
| Gerente de Proyecto      | Orlando Velandia – Mario Peña                                                                                                                  |

Tabla 26

*Patrocinador / Patrocinadores*

| <b>PATROCINADOR / PATROCINADORES</b> |                                   |                                                                        |                                         |
|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Nombre</b>                        | <b>Cargo</b>                      | <b>Departamento / División</b>                                         | <b>Rama ejecutiva (Vicepresidencia)</b> |
| Mario Peña                           | Especialista en Hidráulica        | Profesional especializado en aguas y Gerencia de proyectos             | Gerente de Proyecto                     |
| Orlando Velandia                     | Especialista en Recursos Hídricos | Profesional especializado en Recursos hídricos y Gerencia de proyectos | Gerente de Proyecto                     |

Tabla 27

*Propósito Y Justificación Del Proyecto*

| <b>PROPÓSITO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| El propósito del proyecto es diseñar una guía técnica de buenas prácticas orientada a la mejora en la ejecución y seguimiento de cronogramas de obras civiles hidráulicas. La guía proporcionará herramientas alineadas con los lineamientos del PMI y estándares como PMAJ, abordando los desafíos inherentes a la compleja ejecución de este tipo de obras, con el objetivo de optimizar los procesos, mejorar la eficiencia presupuestal y cronológica, y generar valor para los inversionistas y las partes interesadas. |

Tabla 28

*Descripción Del Proyecto Y Entregables*

| <b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y ENTREGABLES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de causas de incumplimiento del cronograma.</li> <li>• Análisis de dos cronogramas de obras en zona rural del Tolima.</li> <li>• Diseño de estrategias operativas, administrativas y técnicas para optimización.</li> <li>• Redacción, validación y entrega de la guía digital.</li> <li>• Formato de entrega: Documento digital</li> </ul> |

| <b>REQUERIMIENTOS DE ALTO NIVEL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Requerimientos del producto</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Documento legible y de fácil comprensión para el profesional que acceda al documento.</li> <li>• Que tenga cobertura de información y de aplicación a las necesidades del proyecto</li> <li>• Documento con información ajustada a los requerimientos del profesional que lidera el proyecto</li> </ul> |
| <b>Requerimientos del proyecto</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Proyecto que considere los ítems orientados a la ejecución de proyectos de obra civil hidráulica y/o de infraestructura.

Consideraciones prioritarias del triángulo de poder → Costos, Alcance, Tiempo y requerimientos adicionales incidentes como Calidad en la ejecución y cumplimiento de actividades, Plan de Comunicaciones con Grupos de interés internos e implementación de habilidades blandas con base al plan de comunicaciones.

| Objetivo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Indicador de éxito                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>Alcance</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                     |
| <p>Aplicar herramientas técnico-administrativas basadas en el PMI y PMAJ para estructurar una guía de gestión del cronograma en obras civiles hidráulicas. El alcance incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificación de causas de incumplimiento del cronograma.</li> <li>- Análisis de dos cronogramas de obras en zona rural del Tolima.</li> <li>- Diseño de estrategias operativas, administrativas y técnicas para optimización.</li> <li>- Redacción, validación y entrega de la guía digital.</li> </ul> | Seguimiento al desarrollo de las fases del proyecto |
| <b>Cronograma (Tiempo)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                     |
| Duración estimada: 1 año (finalización estimada: marzo de 2026)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                     |
| <b>Costo</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                     |
| Presupuesto estimado: \$124.000.000 COP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                     |
| <b>Calidad</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplimiento total del alcance definido</li> <li>• Finalización dentro del cronograma y presupuesto</li> <li>• Generación de un documento técnico de alta calidad</li> <li>• Satisfacción de patrocinadores y usuarios</li> <li>• Legalidad y cumplimiento normativo</li> <li>• Rentabilidad y aplicabilidad de la guía en futuros proyectos</li> </ul>                                                                                                                                      |                                                     |
| <b>Otros</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                     |
| <p>Supuestos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad de los cronogramas a analizar durante las primeras fases.</li> <li>• Disponibilidad permanente de los patrocinadores y el equipo de trabajo.</li> <li>• Acceso a software MS Project.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                     |

| PREMISAS Y RESTRICCIONES                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presupuesto limitado</li> <li>• Tiempo limitado (8 meses)</li> <li>• Normativas locales y sectoriales</li> </ul> |

- Condiciones del terreno y diseño técnico
- Cambios en el mercado y proveedores
- Cláusulas contractuales con terceros

#### RIESGOS INICIALES DE ALTO NIVEL

- Técnicos y de construcción: errores en cronogramas, planificación deficiente
- Financieros: sobrecostos, desviaciones presupuestales
- De mercado: disponibilidad de personal, fluctuación en precios
- Legales: cumplimiento normativo y contractual
- Externos: condiciones climáticas, sociales o políticas

#### CRONOGRAMA DE HITOS PRINCIPALES

| Hito                                        | Fecha tope                                                        |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>IDENTIFICAR CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO</b> | <b>Fase 01 → 27/01/2025 a los 118 días de inicio del proyecto</b> |
| <b>COMPARACIÓN DE CASOS</b>                 | <b>Fase 02 → 30/05/2025 a los 241 días de inicio del proyecto</b> |
| <b>DISEÑO DE GUÍA</b>                       | <b>Fase 03 → 01/10/2025 a los 365 días de inicio del proyecto</b> |

#### PRESUPUESTO ESTIMADO

Presupuesto estimado: \$124.000.000 COP

#### LISTA DE INTERESADOS (STAKEHOLDERS)

| Nombre                          | Cargo                                                                                        | Departamento / División | Rama ejecutiva (Vicepresidencia) |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Municipio                       |                                                                                              |                         |                                  |
| Comunidades beneficiadas        | <b>Población general que se beneficia del proyecto de obra civil e hidráulica</b>            | <b>Social</b>           | <b>No aplica</b>                 |
| Usuarios del sistema hidráulico | <b>Núcleo familiar que se beneficia del proyecto de obra civil e hidráulica</b>              | <b>Social</b>           | <b>No aplica</b>                 |
| Departamento del Tolima         | <b>Ente territorial que vela por la ejecución del proyecto como avance y mejoramiento de</b> | <b>Gubernamental</b>    | <b>No aplica</b>                 |

| <b>LISTA DE INTERESADOS (STAKEHOLDERS)</b>              |                                                                                                                           |                                |                                         |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Nombre</b>                                           | <b>Cargo</b>                                                                                                              | <b>Departamento / División</b> | <b>Rama ejecutiva (Vicepresidencia)</b> |
|                                                         | <b>calidad de vida de sus habitantes</b>                                                                                  |                                |                                         |
| Proveedores                                             | <b>Empresas que proporcionan insumos para la generación del proyecto.</b>                                                 | <b>Particular</b>              | <b>No aplica</b>                        |
| Contratistas                                            | <b>Empresas participantes en la gestión operativa y administrativa del proyecto</b>                                       | <b>Particular</b>              | <b>No aplica</b>                        |
| Mario Peña y Orlando Velandia (Validadores y Decisores) | <b>Líderes de proyecto que realizan el proceso de gestión administrativa, de planeación y revisión del tema operativo</b> | <b>Particular</b>              | <b>No aplica</b>                        |

|                                              |
|----------------------------------------------|
| <b>REQUISITOS DE APROBACIÓN DEL PROYECTO</b> |
|                                              |

| <b>ASIGNACIÓN DEL GERENTE DE PROYECTO Y NIVEL DE AUTORIDAD</b> |                                                               |                                |                                         |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Nombre</b>                                                  | <b>Cargo</b>                                                  | <b>Departamento / División</b> | <b>Rama ejecutiva (Vicepresidencia)</b> |
| Mario Peña y Orlando Velandia (Validadores y Decisores)        | <b>Ingenieros Civiles, hidráulicos y de recursos hídricos</b> | <b>Particular</b>              | <b>No aplica</b>                        |

| <b>NIVELES DE AUTORIDAD</b>                 |                                                                                           |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Área de autoridad</b>                    | <b>Descripción del nivel de autoridad</b>                                                 |
| Decisiones de personal (Staffing)           | Mario Peña y Orlando Velandia (Validadores y Decisores) – Líderes de gestión de proyecto. |
| Gestión de presupuesto y de sus variaciones | Mario Peña y Orlando Velandia (Validadores y Decisores) – Líderes de gestión de proyecto. |
| Decisiones técnicas                         | Mario Peña y Orlando Velandia (Validadores y Decisores) – Líderes de gestión de proyecto. |

|                                                  |                                                                                           |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Resolución de conflictos                         | Mario Peña y Orlando Velandia (Validadores y Decisores) – Líderes de gestión de proyecto. |
| Ruta de escalamiento y limitaciones de autoridad | Mario Peña y Orlando Velandia (Validadores y Decisores) – Líderes de gestión de proyecto. |

| PERSONAL Y RECURSOS PREASIGNADOS |                           |                                  |
|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| Recurso                          | Departamento / División   | Rama ejecutiva (Vicepresidencia) |
| VIATICOS                         | Dirección de Tesorería    | No aplica                        |
| CENSO                            | Gestión Social            | No aplica                        |
| OFICINA                          | Recursos Humanos          | No aplica                        |
| INDIRECTOS                       | Dirección de Tesorería    | No aplica                        |
| DOCUMENTOS                       | Servicios Administrativos | No aplica                        |
| CONSULTORIA                      | Contratación y Compras    | No aplica                        |

| APROBACIONES                                                       |                 |       |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|
| Patrocinador                                                       | Fecha           | Firma |
| Nombre: Mario Peña<br>Rol: Patrocinador / PM<br>Firma: _____       | Octubre de 2024 |       |
| Nombre: Orlando Velandia<br>Rol: Patrocinador / PM<br>Firma: _____ | Octubre de 2024 |       |

Fuente: Elaboración Propia

## 3.2 Plan de Gestión del Proyecto

### 3.2.1 Plan de Gestión de Interesados

El éxito en la gestión de proyectos no se mide únicamente por la calidad técnica de las estructuras o el cumplimiento de los parámetros de diseño del proyecto. La verdadera eficacia de la gestión de proyectos se manifiesta en la capacidad para armonizar los intereses de una red diversa y a menudo contrapuesta de actores, tanto internos como externos. Es bajo esta premisa, que se realiza el Plan de Gestión de Interesados o Stakeholders, el cual se concibe no como un mero apéndice de la planificación, sino como el concepto implícito para la materialización de un proyecto.

La gestión de interesados, definida por el Project Management Institute (PMI) en su séptima edición, como el proceso de identificar a todas las personas u organizaciones afectadas por el proyecto, analizar sus expectativas e impacto, y desarrollar estrategias de gestión para involucrarlos de manera efectiva, se convierte en un pilar fundamental. Cada uno de estos actores posee un interés legítimo, una influencia potencial y expectativas únicas que, si no se gestionan de manera proactiva, pueden generar fricciones, conflictos y, en última instancia, retrasos significativos en el cronograma.

La incidencia de una gestión de interesados deficiente se extiende a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, afectando de manera crítica la optimización del cronograma. Durante la fase de iniciación, una identificación incompleta de los stakeholders clave puede llevar a omisiones en los requisitos del proyecto, generando costosos cambios de alcance en etapas posteriores. En la planificación, la falta de un análisis de poder e interés adecuado puede resultar en una asignación ineficaz de recursos y una estrategia de comunicación deficiente, lo que provoca malentendidos y desalineación de expectativas. Es en la fase de ejecución donde el impacto se hace más evidente y perjudicial. La resistencia no prevista de una comunidad local, la demora en la aprobación de permisos por parte de un organismo gubernamental, o la falta de compromiso de un proveedor, son solo algunos ejemplos de cómo la gestión pasiva de stakeholders puede detener el avance del cronograma, a pesar de que el plan técnico sea impecable.

El objeto de esta iniciativa orientada a mejorar los procesos técnico-administrativos se materializa en recomendaciones para rutas críticas, donde actividades como análisis de impactos ambientales se acortan mediante protocolos estandarizados, fortaleciendo la resiliencia en la gestión del proyecto. En definitiva, este informe preliminar posiciona la guía como un instrumento transformador, capaz de reducir sobrecostos por demoras en un sector donde la precisión temporal define el éxito, integrando aportes de interesados para generar impactos duraderos en la gestión de obras civiles hidráulicas.

#### **a. Identificación y Categorización de Interesados**

En el proyecto de la guía, los interesados se identifican y categorizan para mapear influencias y expectativas, asegurando alineación con objetivos de optimización de cronogramas.

- **Stakeholders Externos:**

- Nacional: Entidades gubernamentales como ministerios de transporte e infraestructura, responsables de políticas nacionales que regulan estándares hidráulicos y civiles, con alto poder e interés en la validación de prácticas para proyectos de escala país.
- Departamental: Gobiernos regionales que supervisan ejecuciones locales, con influencia media en permisos ambientales y bajo interés directo, pero clave para adaptaciones territoriales.
- Municipalidad: alcaldes y secretarías locales, con poder alto en aprobaciones urbanas y interés variable según impacto en comunidades, enfocados en minimizar disrupciones en obras hidráulicas.
- Academia e Investigación: Universidades y centros de estudio, con bajo poder, pero alto interés en contribuir conocimiento, proporcionando datos empíricos para refinar cronogramas.

- **Stakeholders Internos:**

- Comunidad: Residentes afectados por obras, con poder bajo pero interés alto en reducir impactos sociales y ambientales, demandando transparencia en plazos para evitar conflictos.
- Contratistas: Empresas ejecutoras, con poder e interés altos, ya que aplican directamente las buenas prácticas para optimizar tiempos y costos en fases constructivas.
- Proveedores: Suministradores de materiales y equipos, con poder medio e interés en logística oportuna, influyendo en la cadena de suministro para evitar retrasos en cronogramas hidráulicos.
- Esta matriz de poder-interés guía la priorización, utilizando herramientas como el registro de stakeholders para monitoreo continuo.



Figura 18 Identificación y categorización de interesados – Externos

Fuente: Elaboración Propia



Figura 19 Identificación y categorización de interesados – Internos

Fuente: Elaboración Propia

## b. Matriz Interesados

En la gerencia de proyectos de infraestructura civil e hidráulica los desafíos temporales y regulatorios demandan una coordinación precisa entre múltiples actores. En la Tabla 29 se presenta una matriz de interesados clave, categorizados en externos e internos, que revela dinámicas de poder e interés esenciales para minimizar demoras en fases críticas, como permisos ambientales o suministros logísticos en entornos hidráulicos volátiles. Los interesados externos nacionales, como ministerios de transporte, ostentan alto poder e interés al validar estándares regulatorios, influyendo directamente en la adopción de la guía para alinear cronogramas con políticas nacionales que eviten interrupciones por normativas estrictas. A nivel departamental, gobiernos regionales exhiben poder medio, enfocados en adaptaciones locales que optimicen ejecuciones en contextos territoriales diversos, mientras municipalidades, con poder alto, pero interés variable, gestionan impactos urbanos para reducir disrupciones comunitarias en obras como canales o represas. La academia, aunque con bajo poder, aporta alto interés mediante datos empíricos que refinan metodologías de cronogramas, fortaleciendo la guía con evidencias técnicas para enfrentar riesgos hidráulicos impredecibles. Internamente, comunidades locales mantienen bajo poder, pero alto interés en minimizar efectos sociales, demandando prácticas que acorten plazos sin comprometer seguridad ambiental. Contratistas, con alto poder e interés, aplican directamente las optimizaciones para mejorar márgenes en tiempos y costos, mientras proveedores, de poder medio, aseguran cadenas de suministro sincronizadas con rutas críticas. Esta matriz no solo mapea influencias, sino que plantea el involucramiento activo con nacionales mediante monitoreos cercano con contratistas vía, alineando expectativas para evitar conflictos en proyectos propensos a variaciones climáticas o legales. Estos resultados preliminares subrayan cómo una gestión proactiva de interesados transforma vulnerabilidades en fortalezas (matriz DOFA), permitiendo que la guía optimice cronogramas al integrar aportes regulatorios con ejecuciones de campo. En escenarios hidráulicos complejos, donde demoras por permisos pueden extender plazos un 15-20%, esta categorización facilita planes de acción que prioricen alta prioridad a actores de poder elevado, asegurando resiliencia en infraestructuras como sistemas de drenaje o puentes. Los roles delineados, desde validación normativa hasta logística oportuna, resuenan con el título del proyecto al promover ejecuciones ágiles que equilibren intereses diversos sin sacrificar eficiencia temporal. Además, estrategias como talleres departamentales o foros comunitarios fomentan retroalimentación continua, evitando desviaciones que erosionen presupuestos en obras civiles de alto impacto. En esencia, esta matriz posiciona al proyecto como un modelo

integrador, donde la optimización de actividades se nutre de colaboraciones estratégicas para generar valor sostenido en el sector hidráulico, priorizando cronogramas que mitiguen riesgos inherentes a entornos dinámicos.

Tabla 29

*Matriz Interesados Clave*

| <b>Interesado</b>                                                 | <b>Categoría</b> | <b>Poder<br/>(Alto/Medio/Bajo)</b> | <b>Interés<br/>(Alto/Medio/Bajo)</b> | <b>Rol e<br/>Influencia</b>                                                                                                        | <b>Estrategia de<br/>Gestión</b>                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nacional<br/>(Ministerios de Transporte e Infraestructura)</b> | Externo          | Alto                               | Alto                                 | Validan estándares nacionales y políticas regulatorias para proyectos hidráulicos y civiles, influyendo en la adopción de la guía. | Involucrar activamente mediante reuniones de alineación trimestrales, presentando avances de la guía para asegurar cumplimiento normativo. |
| <b>Departamental<br/>(Gobiernos Regionales)</b>                   | Externo          | Medio                              | Medio                                | Supervisan ejecuciones locales y permisos ambientales, con interés en adaptaciones regionales de la guía.                          | Mantener informados con reportes semestrales, ofreciendo talleres para integrar prácticas en proyectos departamentales.                    |
| <b>Municipalidad (Alcaldes y Secretarías Locales)</b>             | Externo          | Alto                               | Variable<br>(Medio/Alto)             | Aprueban permisos urbanísticos y gestionan impactos locales, con interés en minimizar interrupciones comunitarias.                 | Gestionar de cerca con reuniones mensuales, asegurando que la guía reduzca demoras en aprobaciones locales.                                |

|                                                           |         |       |       |                                                                                                                            |                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------|---------|-------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Academia e Investigación (Universidades y Centros)</b> | Externo | Bajo  | Alto  | Aportan datos empíricos y metodologías para optimizar cronogramas, con interés en contribuir conocimiento técnico.         | Involucrar mediante colaboraciones formales, integrando sus investigaciones en la guía y reconociendo aportes en publicaciones.        |
| <b>Comunidad</b>                                          | Interno | Bajo  | Alto  | Residentes afectados por obras, con interés en minimizar impactos sociales y ambientales mediante cronogramas optimizados. | Mantener informados con foros comunitarios bimensuales, destacando beneficios de la guía en reducir disrupciones locales.              |
| <b>Contratistas</b>                                       | Interno | Alto  | Alto  | Ejecutan obras aplicando la guía, con interés directo en optimizar tiempos y costos para mejorar márgenes.                 | Gestionar de cerca con revisiones quincenales, capacitándolos en las prácticas de la guía para alinear ejecución con objetivos.        |
| <b>Proveedores</b>                                        | Interno | Medio | Medio | Suministran materiales clave, con interés en logística oportuna para evitar retrasos en cronogramas hidráulicos.           | Monitorear con contratos flexibles y reuniones trimestrales, asegurando que la guía facilite entregas sincronizadas con el cronograma. |

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso  
 Anexo 5 Matriz Interesados Clave

### c. Matriz Dependencia e Influencia

La elaboración de una guía de buenas prácticas para la ejecución y optimización de cronogramas se presenta como una respuesta estratégica a los retos persistentes en obras que enfrentan variables ambientales impredecibles, restricciones regulatorias y demandas sociales crecientes, tal como se analiza en este numeral. El título del proyecto resalta la urgencia de protocolos que minimicen demoras en fases críticas, como el diseño de sistemas de drenaje o la construcción de represas, donde factores como cambios climáticos o intervenciones locales pueden extender plazos un 20% según estudios sectoriales. Estas matrices de dependencia-influencia ilustran la complejidad de las interacciones con interesados clave, revelando cómo entidades municipales ostentan alta influencia y dependencia, demandando inversiones en relaciones para abordar inquietudes urbanas y fomentar mejoras continuas que alineen cronogramas con normativas locales sin comprometer la eficiencia operativa. A nivel departamental, la matriz señala una influencia moderada que requiere comunicación clara para integrar prácticas regionales, evitando interrupciones en ejecuciones hidráulicas adaptadas a contextos territoriales variados. Nacionalmente, el alto poder de ministerios exige involucramiento activo en procesos de validación, posicionándolos como aliados cruciales para estandarizar avances que optimicen rutas críticas en proyectos de escala mayor. Contratistas emergen con alta dependencia, donde estrategias de relación continua garantizan cumplimiento contractual al 100%, permitiendo que la guía refine ejecuciones en campo para reducir sobre costos por retrasos técnicos. Proveedores, con influencia variable, benefician de participaciones estratégicas que equilibren requerimientos logísticos, asegurando suministros oportunos en cronogramas ajustados a demandas hidráulicas. Comunidades locales, marcadas por alta dependencia, pero bajo poder, priorizan canales de información accesibles para mitigar impactos sociales, transformando potenciales conflictos en oportunidades de retroalimentación que fortalezcan la resiliencia del proyecto. Usuarios finales, con influencia significativa en manejo operativo, se involucran mediante entregas de avances, convirtiéndolos en evaluadores prácticos de las optimizaciones propuestas. Finalmente, la academia ofrece acceso a información para aplicaciones educativas, abierta a retroalimentación que enriquezca la guía con perspectivas investigativas, cerrando un ciclo de colaboración que eleva la ejecución en infraestructuras complejas. Estas dinámicas subrayan cómo la optimización de cronogramas no solo depende de herramientas técnicas, sino de una gestión integral de influencias que mitigue

riesgos inherentes al sector hidráulico, promoviendo ejecuciones ágiles y sostenibles. Estos resultados preliminares validan un enfoque holístico que integra dependencia con influencia para generar valor duradero en obras civiles, evitando desviaciones que erosionen presupuestos en entornos volátiles.

Tabla 30

*Matriz Dependencia e Influencia*

| FIG. 1 MATRIZ DEPENDENCIA - INFLUENCIA |      |            |                                                                                                                            |
|----------------------------------------|------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MUNICIPAL                              |      | INFLUENCIA |                                                                                                                            |
|                                        |      | BAJO       | ALTO                                                                                                                       |
| DEPENDENCIA                            | ALTO |            | Estrategia oportuna: Invertir en los procesos de relación para comprender las inquietudes y desarrollar mejoras continuas. |
|                                        | BAJO |            |                                                                                                                            |

| FIG. 2 MATRIZ DEPENDENCIA - INFLUENCIA |      |            |                                                                                                                            |
|----------------------------------------|------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DEPARTAMENTAL                          |      | INFLUENCIA |                                                                                                                            |
|                                        |      | BAJO       | ALTO                                                                                                                       |
| DEPENDENCIA                            | ALTO |            | Estrategia oportuna: Invertir en los procesos de relación para comprender las inquietudes y desarrollar mejoras continuas. |
|                                        | BAJO |            |                                                                                                                            |

| FIG. 3 MATRIZ DEPENDENCIA - INFLUENCIA |  |            |      |
|----------------------------------------|--|------------|------|
| NACIONAL                               |  | INFLUENCIA |      |
|                                        |  | BAJO       | ALTO |

| FIG. 5 MATRIZ DEPENDENCIA - INFLUENCIA |      |            |                                                                                                                                            |
|----------------------------------------|------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PROVEEDORES                            |      | INFLUENCIA |                                                                                                                                            |
|                                        |      | BAJO       | ALTO                                                                                                                                       |
| DEPENDENCIA                            | ALTO |            |                                                                                                                                            |
|                                        | BAJO |            | Participación estratégica para el cumplimiento de objetivos, comunicación constante y equilibrio entre los requerimientos de ambas partes. |

| FIG. 6 MATRIZ DEPENDENCIA - INFLUENCIA |      |                                                                                                |      |
|----------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| COMUNIDADES                            |      | INFLUENCIA                                                                                     |      |
|                                        |      | BAJO                                                                                           | ALTO |
| DEPENDENCIA                            | ALTO |                                                                                                |      |
|                                        | BAJO | comunicación continua clara y acertada, se ofrecerá acceso a canales generales de información. |      |

| FIG. 7 MATRIZ DEPENDENCIA - INFLUENCIA |  |            |      |
|----------------------------------------|--|------------|------|
| USUARIOS                               |  | INFLUENCIA |      |
|                                        |  | BAJO       | ALTO |

|             |      |  |                                                                                                                            |
|-------------|------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DEPENDENCIA | ALTO |  | Estrategia oportuna: Invertir en los procesos de relación para comprender las inquietudes y desarrollar mejoras continuas. |
|             | BAJO |  |                                                                                                                            |

|                                               |      |                   |                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------|------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>FIG. 4 MATRIZ DEPENDENCIA - INFLUENCIA</b> |      |                   |                                                                                                                                                                                                 |
| <b>CONTRATISTAS</b>                           |      | <b>INFLUENCIA</b> |                                                                                                                                                                                                 |
|                                               |      | BAJO              | ALTO                                                                                                                                                                                            |
| DEPENDENCIA                                   | ALTO |                   | Estrategia oportuna: Invertir en los procesos de relación para comprender las inquietudes y desarrollar mejoras continuas en pro de cumplir las garantías estipuladas al 100% de los contratos. |
|                                               | BAJO |                   |                                                                                                                                                                                                 |

|             |      |  |                                                                                                                                |
|-------------|------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DEPENDENCIA | ALTO |  |                                                                                                                                |
|             | BAJO |  | Involucrar activamente en procesos de comunicación y entrega de avances, son parte crucial en el manejo en campo del proyecto. |

|                                               |      |                                                                                               |      |
|-----------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>FIG. 8 MATRIZ DEPENDENCIA - INFLUENCIA</b> |      |                                                                                               |      |
| <b>ACADEMIA</b>                               |      | <b>INFLUENCIA</b>                                                                             |      |
|                                               |      | BAJO                                                                                          | ALTO |
| DEPENDENCIA                                   | ALTO |                                                                                               |      |
|                                               | BAJO | Se ofrece acceso a información para aplicación académica, se está presto a retroalimentación. |      |

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 6 Matriz Dependencia e Influencia

### • Matriz de Temas y Respuestas

La matriz de temas y respuestas presentada en la Tabla 31 sintetiza las preocupaciones principales de cada grupo de interés, desde ministerios nacionales hasta comunidades locales, identificando sus prioridades y proponiendo estrategias específicas para alinearlas con los objetivos de optimización de cronogramas. Cada tema clave refleja desafíos operativos, sociales o normativos inherentes a obras hidráulicas, mientras las respuestas estratégicas

aseguran comunicación continua, mitigación de conflictos y adopción de prácticas que reduzcan tiempos muertos en un 20-25%, según estándares del sector. La matriz no solo organiza la interacción con interesados, sino que transforma sus inquietudes en oportunidades para fortalecer la guía, promoviendo ejecuciones ágiles y sostenibles en infraestructuras complejas.

Tabla 31

*Matriz de Temas y Respuestas*

| <b>Interesado</b>                           | <b>Tema Clave</b>             | <b>Preocupación Principal</b>                                               | <b>Respuesta Estratégica</b>                                                            |
|---------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nacional (Ministerios)</b>               | Cumplimiento normativo        | Alineación de la guía con estándares nacionales para obras hidráulicas.     | Reuniones trimestrales para presentar avances y asegurar validación regulatoria.        |
| <b>Departamental (Gobiernos Regionales)</b> | Adaptación regional           | Integración de prácticas en proyectos locales sin conflictos territoriales. | Reportes semestrales y talleres para adaptar la guía a contextos regionales.            |
| <b>Municipalidad</b>                        | Impactos urbanos              | Minimizar interrupciones locales y agilizar permisos urbanísticos.          | Reuniones mensuales para coordinar aprobaciones y reducir demoras en cronogramas.       |
| <b>Academia e Investigación</b>             | Aporte técnico                | Contribuir con datos empíricos para optimizar cronogramas.                  | Colaboraciones formales, integrando investigaciones y reconociendo aportes en la guía.  |
| <b>Comunidad</b>                            | Impactos sociales/ambientales | Reducir efectos de obras en entornos locales mediante plazos ajustados.     | Foros bimensuales para informar beneficios y recoger retroalimentación comunitaria.     |
| <b>Contratistas</b>                         | Eficiencia operativa          | Optimizar tiempos y costos para cumplir contratos sin sobre costos.         | Revisiones quincenales y capacitaciones en prácticas de la guía para alinear ejecución. |
| <b>Proveedores</b>                          | Logística oportuna            | Suministrar materiales sincronizados con cronogramas hidráulicos.           | Contratos flexibles y reuniones trimestrales para asegurar entregas puntuales.          |
| <b>Usuarios</b>                             | Ejecución en campo            | Aplicar prácticas de la guía para mejorar resultados operativos.            | Entrega regular de avances y canales de comunicación para retroalimentación práctica.   |

Fuente: Elaboración Propia

#### **d. Formato para la Resolución de Conflictos y Gestión de Expectativas**

Para resolver conflictos y gestionar expectativas en el proyecto, se propone el siguiente formato estructurado, adaptable a fases de ejecución:

- **Identificación del Conflicto/Expectativa:** Describir el problema (e.g., demora en permisos municipales que afecta cronograma) y partes involucradas (e.g., municipalidad vs. contratistas).
- **Análisis de Causas:** Evaluar raíces usando diagrama de Ishikawa, considerando impactos en tiempo, costo y calidad (e.g., regulaciones ambientales externas).
- **Opciones de Resolución:** Listar alternativas (e.g., negociación directa, mediación con academia para evidencia técnica, o escalada a nivel nacional).
- **Plan de Acción:** Asignar responsables, plazos y recursos (e.g., reunión virtual en 48 horas con proveedores para realinear suministros).
- **Monitoreo y Cierre:** Definir métricas de éxito (e.g., ajuste en cronograma sin sobrecostos) y retroalimentación post-resolución para actualizar expectativas.
- Este formato se documenta en un registro digital, revisado quincenalmente por el gerente de proyecto, asegurando alineación con la guía de buenas prácticas.

Los stakeholders externos nacionales, como ministerios, aportan marcos regulatorios que validan la guía para proyectos hidráulicos a gran escala, mientras los departamentales adaptan prácticas a contextos regionales para optimizar cronogramas locales. Las municipalidades integran la guía en aprobaciones urbanas, reduciendo demoras en obras civiles que afectan comunidades internas, que a su vez demandan minimizar impactos ambientales mediante ejecuciones eficientes. La academia e investigación enriquece el contenido con datos empíricos, colaborando con contratistas internos para refinar rutas críticas y evitar sobrecostos. Proveedores internos aseguran suministros oportunos, alineados con las buenas prácticas para sostener optimizaciones en infraestructuras hidráulicas complejas.

### **3.2.2 Plan de Gestión de Alcance**

#### **a. Project Scope Statement (Acta De Declaración Del Alcance)**

El acta de declaración de alcance atiende a la necesidad de abordar desafíos como demoras por factores climáticos o regulatorios, que pueden incrementar costos en obras hidráulicas y de infraestructura. El acta de declaración de alcance establece los fundamentos para optimizar cronogramas, definiendo objetivos claros que priorizan la reducción de tiempos «muertos» mediante protocolos estandarizados y la integración de interesados clave, como contratistas y entidades municipales. Esto subraya la importancia de alinear actividades críticas, desde análisis legales hasta evaluaciones ambientales, para garantizar ejecuciones ágiles en entornos hidráulicos complejos. El alcance delineado asegura que la guía no solo estandarice procesos, sino que transforme riesgos operativos en oportunidades de eficiencia, fortaleciendo la viabilidad de proyectos de infraestructura al minimizar desviaciones temporales y presupuestales.

## **b. Documentos de Requisitos**

Los documentos de requisitos constituyen el fundamento metodológico y técnico sobre el cual se construye el alcance del proyecto. En el marco de la investigación desarrollada por Peña Velandia (2025), estos documentos surgen de un proceso sistemático de levantamiento, análisis y validación de información, cuyo propósito es establecer con precisión las necesidades funcionales, técnicas, normativas y operativas que debe satisfacer la guía de buenas prácticas para la gestión de proyectos hidráulicos.

La elaboración de los documentos de requisitos responde a una lógica de integración entre los lineamientos del PMBOK 7 y las directrices del Project Model for Administrative and Hydraulic Management (PMAJ), adaptadas a las condiciones del contexto institucional y sectorial de la infraestructura pública. De esta manera, el proceso de identificación de requisitos no se limita a la descripción de necesidades, sino que incorpora criterios de pertinencia, viabilidad, impacto y sostenibilidad, con el fin de garantizar que las decisiones adoptadas en las fases posteriores se sustenten en una base técnica sólida y verificable.

El proceso de documentación se desarrolló en tres etapas principales:

- **Recolección de Información Técnica y Normativa:**

Incluyó la revisión exhaustiva de literatura especializada, normas técnicas nacionales e internacionales, manuales de contratación estatal y reportes institucionales sobre desempeño de proyectos hidráulicos. En esta fase se consolidaron los marcos de referencia que definen los estándares de calidad, los parámetros constructivos y las prácticas administrativas recomendadas.

- **Identificación de Necesidades y Expectativas de los Actores:**

Se llevó a cabo mediante entrevistas, cuestionarios y grupos focales con profesionales del sector, docentes, contratistas y funcionarios públicos vinculados con la gestión de obras hidráulicas. Este proceso permitió capturar requerimientos desde diferentes perspectivas, técnica, administrativa y académica, promoviendo una comprensión integral de las problemáticas recurrentes y de las oportunidades de mejora.

- **Validación y Formalización de Requisitos:**

Los hallazgos obtenidos fueron depurados y clasificados según su relevancia, viabilidad y alineación con los objetivos del proyecto. Cada requisito fue documentado con su justificación, criterios de aceptación y evidencias de soporte, garantizando trazabilidad durante todo el ciclo de vida del proyecto.

A partir de este proceso, los documentos de requisitos quedaron estructurados en las siguientes categorías:

- **Requisitos Técnicos:**

Incluyen los parámetros de diseño, control de calidad, materiales y procedimientos constructivos aplicables a obras hidráulicas. Se prioriza la estandarización de prácticas que minimicen fallas, sobre costos o reprocesos.

- **Requisitos Normativos:**

Comprenden las disposiciones legales, ambientales y contractuales que deben cumplirse en todas las etapas del proyecto. Su observancia asegura la coherencia entre la gestión técnica y las políticas públicas vigentes.

- **Requisitos Operativos:**

Definen las condiciones logísticas, financieras y de gestión necesarias para la ejecución eficiente de los procesos. Estos requisitos orientan la coordinación de recursos humanos, materiales y tecnológicos.

- **Requisitos de Control y Seguimiento:**

Establecen los mecanismos de evaluación, auditoría y retroalimentación del desempeño del proyecto. Se sustentan en indicadores medibles que permiten monitorear avances, riesgos y resultados.

- **Requisitos de Sostenibilidad:**

Incorporan criterios de responsabilidad ambiental, social y económica, promoviendo el uso racional de recursos y la adopción de prácticas constructivas sostenibles.

La consolidación de estos documentos garantiza la alineación entre los objetivos estratégicos del proyecto y las expectativas de las partes interesadas, al tiempo que establece un marco técnico robusto que reduce la ambigüedad y fortalece la capacidad de gestión.

En síntesis, los documentos de requisitos no solo representan una evidencia formal de planificación, sino que se convierten en un instrumento de gobernanza y control, esencial para asegurar la calidad, transparencia y coherencia metodológica de todo el proceso investigativo y operativo.

Tabla 32

*Clasificación y documentación de requisitos del proyecto*

| TIPO DE REQUISITO        | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                      | FUENTE DE IDENTIFICACIÓN                                                                 | CRITERIO DE ACEPTACIÓN                                                                  | EVIDENCIA DE VALIDACIÓN                                             |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Técnico                  | Define los parámetros de diseño, especificaciones hidráulicas, materiales y procedimientos constructivos requeridos para garantizar la funcionalidad y durabilidad de las obras. | Revisión bibliográfica, análisis normativo y consultas con especialistas técnicos.       | Cumplimiento de las normas nacionales e internacionales de ingeniería hidráulica.       | Informe técnico validado por expertos y revisión documental.        |
| Normativo                | Establece las obligaciones legales, ambientales y administrativas aplicables al desarrollo y control de proyectos hidráulicos.                                                   | Legislación vigente, manuales institucionales y normativas sectoriales.                  | Conformidad con decretos, resoluciones y estándares nacionales de gestión de proyectos. | Matriz de cumplimiento normativo y aprobación institucional.        |
| Operativo                | Determina los procesos de planificación, ejecución y seguimiento que aseguran la eficiencia en la administración de recursos y la coordinación de actores.                       | Entrevistas y observación de prácticas en proyectos previos.                             | Optimización de tiempos, costos y recursos frente a los cronogramas establecidos.       | Registro de procedimientos operativos estandarizados.               |
| De control y seguimiento | Define los mecanismos para medir avances, gestionar riesgos y verificar el cumplimiento del                                                                                      | Referentes metodológicos del PMBOK y resultados de encuestas a profesionales del sector. | Implementación de indicadores clave (KPI) y reportes de avance periódicos.              | Bitácoras de control, actas de seguimiento y reportes de desempeño. |

|                   |                                                                                                                               |                                                                                    |                                                                                      |                                                                                  |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
|                   | alcance, cronograma y presupuesto.                                                                                            |                                                                                    |                                                                                      |                                                                                  |
| De sostenibilidad | Promueve la adopción de prácticas responsables con el medio ambiente, el uso racional de recursos y la eficiencia energética. | Lineamientos institucionales de sostenibilidad y buenas prácticas internacionales. | Reducción de impactos ambientales y uso de materiales reciclables o de bajo consumo. | Certificaciones ambientales, reportes de sostenibilidad y evidencia fotográfica. |
| De calidad        | Asegura que los entregables del proyecto cumplan con los estándares definidos de precisión, consistencia y valor agregado.    | Manuales técnicos y criterios de validación académica.                             | Entregables revisados y aprobados por el comité de control de calidad.               | Informes de revisión y validación técnica final.                                 |

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 7 Clasificación y documentación de requisitos del proyecto

### c. Matriz de Trazabilidad de Requisitos

La matriz de trazabilidad constituye una herramienta fundamental dentro de la gestión del alcance del proyecto, ya que permite vincular de manera estructurada los requisitos identificados con los entregables, actividades y fases del desarrollo. Este instrumento facilita el seguimiento, control y verificación del cumplimiento de los objetivos definidos, asegurando la coherencia entre las necesidades iniciales y los resultados finales.

En el contexto del proyecto, la trazabilidad garantiza que cada requerimiento técnico, operativo o normativo sea correctamente interpretado, planificado y verificado durante la ejecución. Además, contribuye a prevenir desviaciones, duplicidades o pérdidas de información, al ofrecer una visión clara de cómo cada elemento del alcance se relaciona con los productos intermedios y finales del proyecto.

Tabla 33

#### *Matriz de Trazabilidad de Requisitos*

| CÓDIGO       | TIPO DE REQUISITO | DESCRIPCIÓN DEL REQUISITO                             | ACTIVIDAD ASOCIADA                       | ENTREGABLE VINCULADO        | MECANISMO DE VERIFICACIÓN    | RESPONSABLE          |
|--------------|-------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------|
| <b>RQ-01</b> | Técnico           | Especificar las condiciones hidráulicas, materiales y | Análisis de diseño y validación técnica. | Documento técnico validado. | Informe de revisión técnica. | Coordinador técnico. |

|              |                       |                                                                                                            |                                                   |                                      |                                                  |                              |
|--------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------|
|              |                       | constructivas para garantizar la funcionalidad de la guía.                                                 |                                                   |                                      |                                                  |                              |
| <b>RQ-02</b> | Normativo             | Asegurar el cumplimiento de la normatividad ambiental, laboral y de seguridad en el trabajo.               | Revisión documental y matriz legal.               | Matriz de cumplimiento o normativo.  | Aprobación institucional y control de auditoría. | Asesor normativo.            |
| <b>RQ-03</b> | Operativo             | Definir procesos estandarizados para la planificación, ejecución y cierre de las actividades del proyecto. | Elaboración de procedimientos y formatos.         | Manual operativo del proyecto.       | Validación por el equipo gestor.                 | Director del proyecto.       |
| <b>RQ-04</b> | Control y seguimiento | Establecer indicadores para medir avances y desempeño frente a los objetivos del proyecto.                 | Diseño de KPIs y cronograma de control.           | Informe de seguimiento y control.    | Revisión periódica de indicadores.               | Profesional administrativo.  |
| <b>RQ-05</b> | Sostenibilidad        | Incorporar criterios de eficiencia ambiental y uso responsable de materiales.                              | Selección de insumos y estrategias sostenibles.   | Plan de sostenibilidad del proyecto. | Reporte de sostenibilidad.                       | Coordinador ambiental.       |
| <b>RQ-06</b> | Calidad               | Garantizar que los entregables cumplan con estándares técnicos y metodológicos.                            | Evaluación de entregables y revisión entre pares. | Actas de control de calidad.         | Validación por comité técnico.                   | Equipo técnico y supervisor. |

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 8 Matriz de Trazabilidad de Requisitos

#### d. Actas de Cierre de Proyecto o Fase

El cierre de cada fase del proyecto constituye un proceso formal y necesario dentro de la gestión del alcance, orientado a validar el cumplimiento de los objetivos establecidos, verificar la calidad de los entregables y documentar los resultados alcanzados. Las actas de cierre son los instrumentos oficiales que certifican la finalización de las actividades planificadas y la aceptación de los productos desarrollados, garantizando la trazabilidad técnica y administrativa de todo el proceso.

Cada acta cumple una doble función: por un lado, formaliza el cierre de una etapa y, por otro, establece la base documental para la continuidad o finalización del proyecto. En este sentido, el cierre no se limita a la verificación del cumplimiento de tareas, sino que implica una evaluación integral del desempeño, la gestión de recursos, la efectividad de los procesos y el grado de satisfacción de los beneficiarios o partes interesadas.

El procedimiento de cierre se realiza bajo un esquema secuencial que comprende las siguientes etapas:

- Verificación técnica y documental: revisión detallada de los entregables de la fase para constatar su correspondencia con los requisitos iniciales y las especificaciones aprobadas.
- Evaluación de cumplimiento: análisis del grado de cumplimiento de los objetivos, indicadores de desempeño (KPI) y productos entregados.
- Validación de resultados: presentación y aprobación por parte del comité académico o equipo evaluador del proyecto.
- Formalización del cierre: elaboración del acta correspondiente, que incluye las observaciones finales, lecciones aprendidas y recomendaciones para fases subsiguientes.
- Archivo y seguimiento: incorporación del acta al repositorio institucional y definición de acciones correctivas o de mejora continua.

Tabla 34

#### *Actas de Cierre de Proyecto o Fase*

| Elemento              | Descripción                                                                                                                                           |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre del proyecto:  | Guía de buenas prácticas en la ejecución y optimización del cronograma de actividades en proyectos de obras civiles hidráulicas y de infraestructura. |
| Fase:                 | DISEÑO DE GUÍA - Fase 03 → 01/10/2025                                                                                                                 |
| Fecha de cierre:      | 01/10/2025                                                                                                                                            |
| Objetivos de la fase: | Elección y priorización de prácticas                                                                                                                  |

|                             |                                                                                                                                                 |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Entregables generados:      | Elaboración de guía buenas prácticas.                                                                                                           |
| Evaluación de cumplimiento: | Creación del listado de buenas prácticas en la ejecución de obras civiles                                                                       |
| Observaciones técnicas:     | Revisión de trazabilidad en la generación y asesoría técnica de buenas prácticas.                                                               |
| Lecciones aprendidas:       | Incursionar en temas sociales, económicos y legales de una forma más incidente y de mayor relevancia para el éxito de la ejecución el proyecto. |
| Aprobación:                 | Firma del director de proyecto, coordinadores y asesores responsables.                                                                          |

Fuente: Elaboración Propia

#### e. Línea Base de Alcance con EDT/WBS a Quinto Nivel de Desagregación

Esta estructura EDT es esencial para abordar demoras crónicas en obras expuestas a variables climáticas o regulatorias, donde plazos extendidos pueden elevar costos un 20-30% según casos reales. La Estructura de Desglose de Trabajo (EDT), que organiza el proyecto en fases clave con una duración total estimada de 130,25 días, iniciando el 10 de marzo de 2025 y culminando el 1 de agosto de 2025, con solo un 100% completado hasta la fecha. La Fase 1, enfocada en identificar causas de incumplimiento, abarca 43,5 días e incluye auditorías y procesos investigativos, alcanzando un 20% de avance al integrar entidades de control para depurar información técnica. Subtareas como la solicitud de datos o análisis de problemáticas legales destacan predecesoras lógicas que optimizan flujos, alineándose con el título al promover cronogramas que minimicen riesgos en entornos hidráulicos complejos. La Fase 2, dedicada a soluciones, extiende 37,75 días con énfasis en planes de acción ante rutas críticas, mientras la Fase 3 diseña la guía final en 49 días, incorporando estándares PMBOK y PM2 para similitudes prácticas. Estos hitos, como el de la Fase 1 en abril o la Fase 3 en julio, resaltan un enfoque secuencial que equilibra investigación con aplicación, evitando sobre costos en excavaciones o instalaciones hidráulicas. La EDT valida la viabilidad temporal, permitiendo ajustes dinámicos para enfrentar imprevistos en infraestructuras como canales o presas, transformando la guía en un marco operativo que eleva la eficiencia sectorial.

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso

 Anexo 9 EDT/WBS

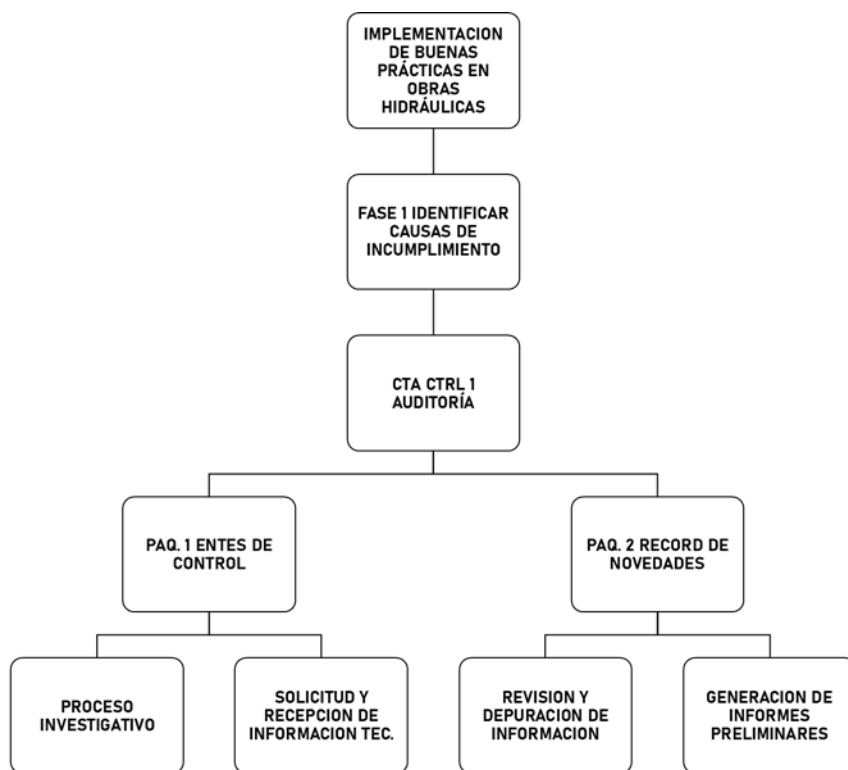


Figura 20 EDT Parte 1  
Fuente: Elaboración Propia

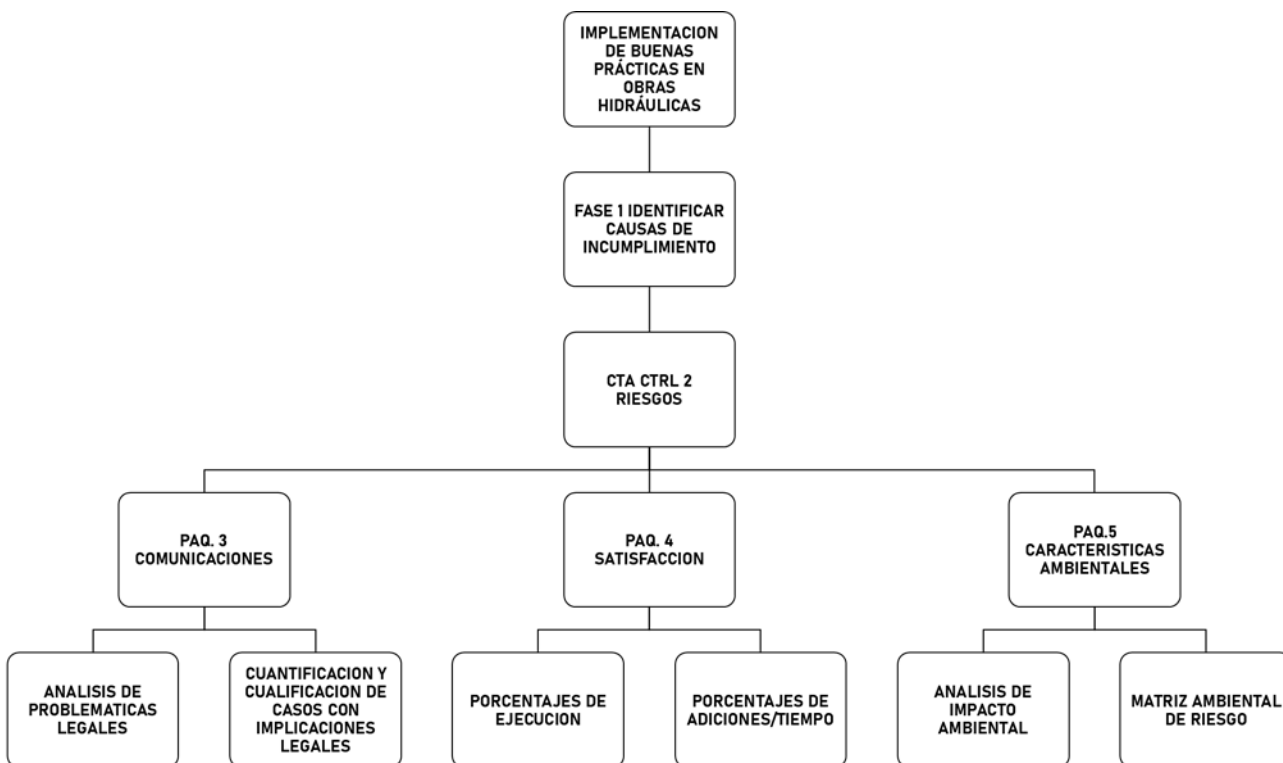


Figura 21 EDT Parte 2  
Fuente: Elaboración Propia

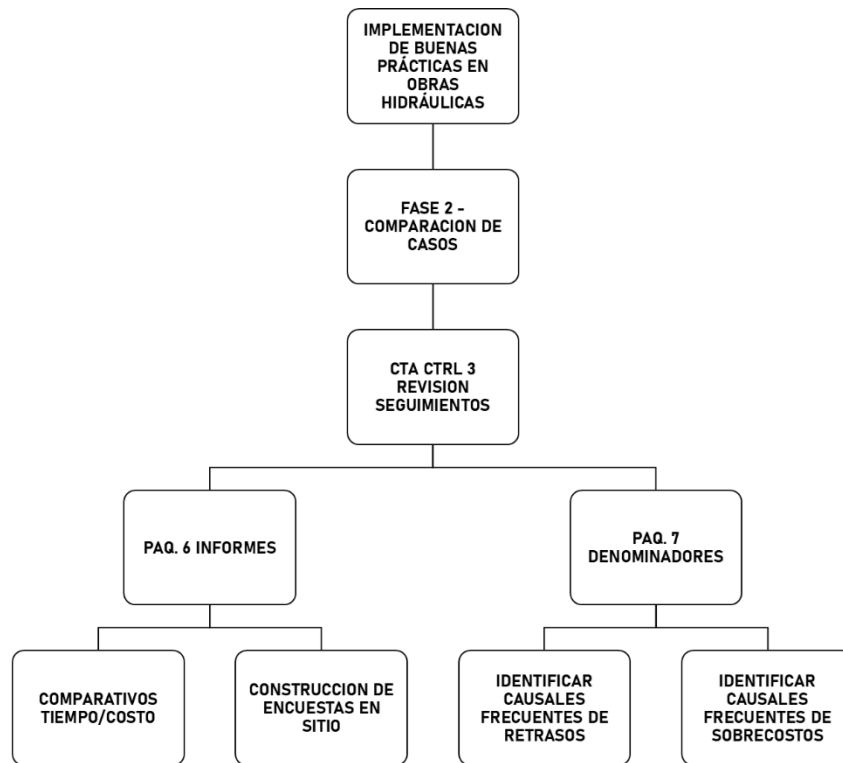


Figura 22 EDT Parte 3  
Fuente: Elaboración Propia

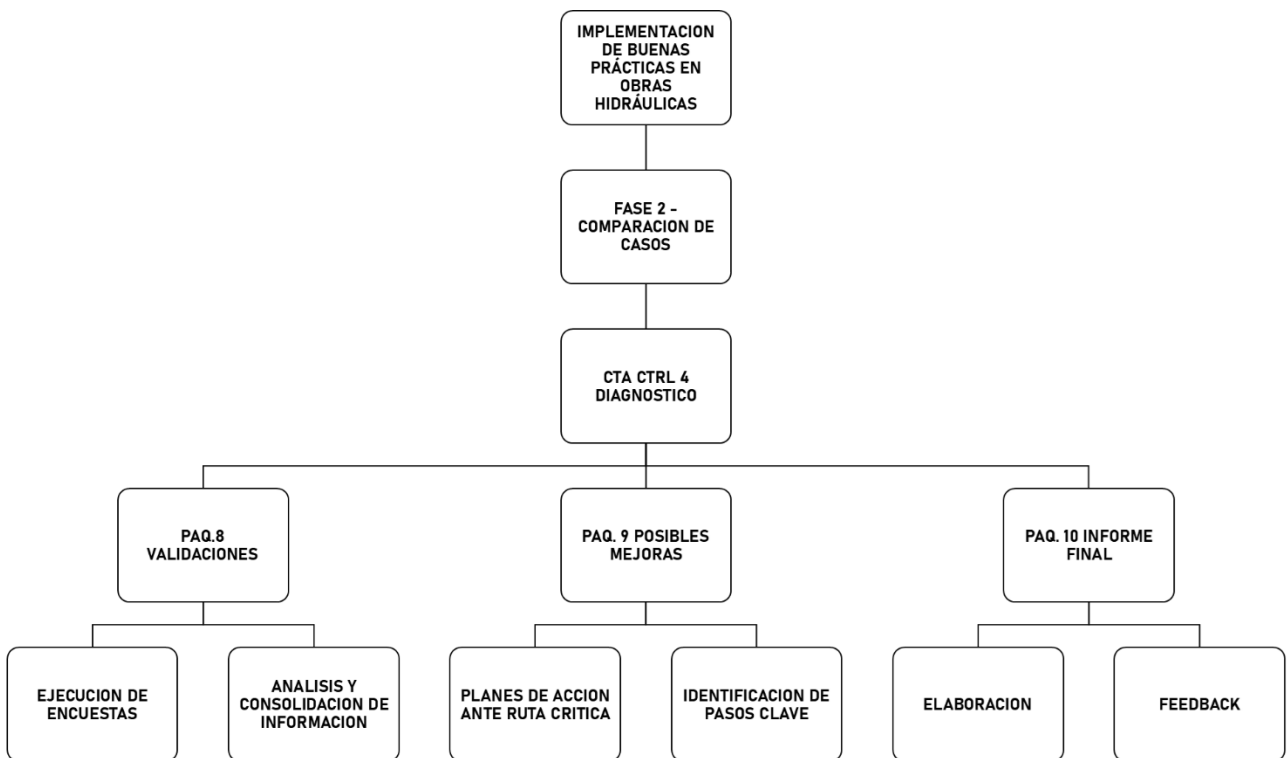


Figura 23 EDT Parte 4  
Fuente: Elaboración Propia

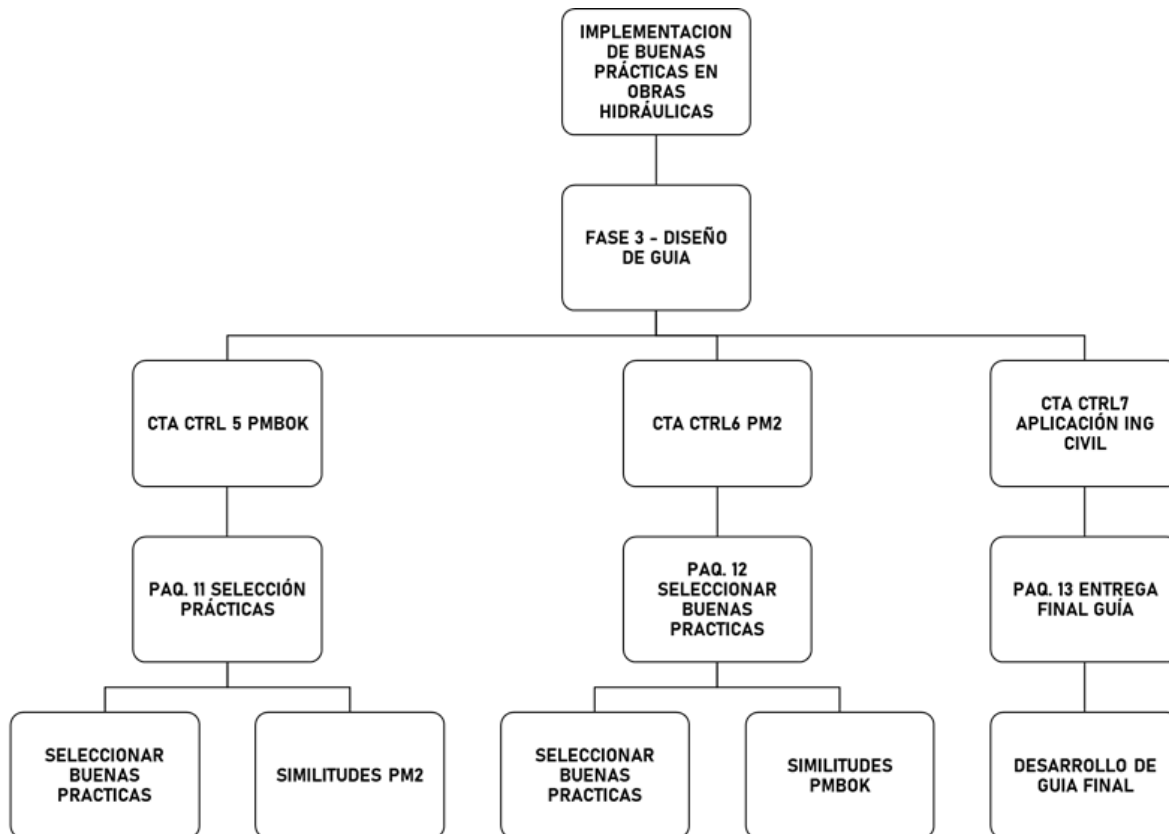


Figura 24 EDT Parte 5  
Fuente: Elaboración Propia

#### f. EDP (Estructura de Desglose de Producto)

La EDP emerge como respuesta a retos operativos como demoras por variables climáticas o regulatorias, que pueden elevar costos un 20-25% en obras de infraestructura. Se adjunta el diagrama de Estructura de Desglose de Producto (EDP), que descompone la guía en componentes clave para optimizar cronogramas, desde módulos investigativos hasta protocolos finales de aplicación. La estructura jerárquica revela entregables principales, como informes preliminares y matrices de riesgo, alineados con fases que minimizan tiempos muertos en entornos hidráulicos volátiles. Predecesoras lógicas en el diagrama aseguran flujos secuenciales, promoviendo ejecuciones ágiles que integran estándares PMBOK SÉPTIMA EDICIÓN y PM2 para similitudes prácticas. Desde mi trayectoria como docente en gerencia de proyectos, este EDP valida un enfoque desglosado que transforma complejidades técnicas en herramientas accionables, fortaleciendo la resiliencia ante imprevistos en infraestructuras críticas. El diagrama resalta cómo la optimización de actividades no solo reduce desviaciones temporales, sino que genera valor sostenido al equilibrar productos con necesidades de campo en el sector civil hidráulico.

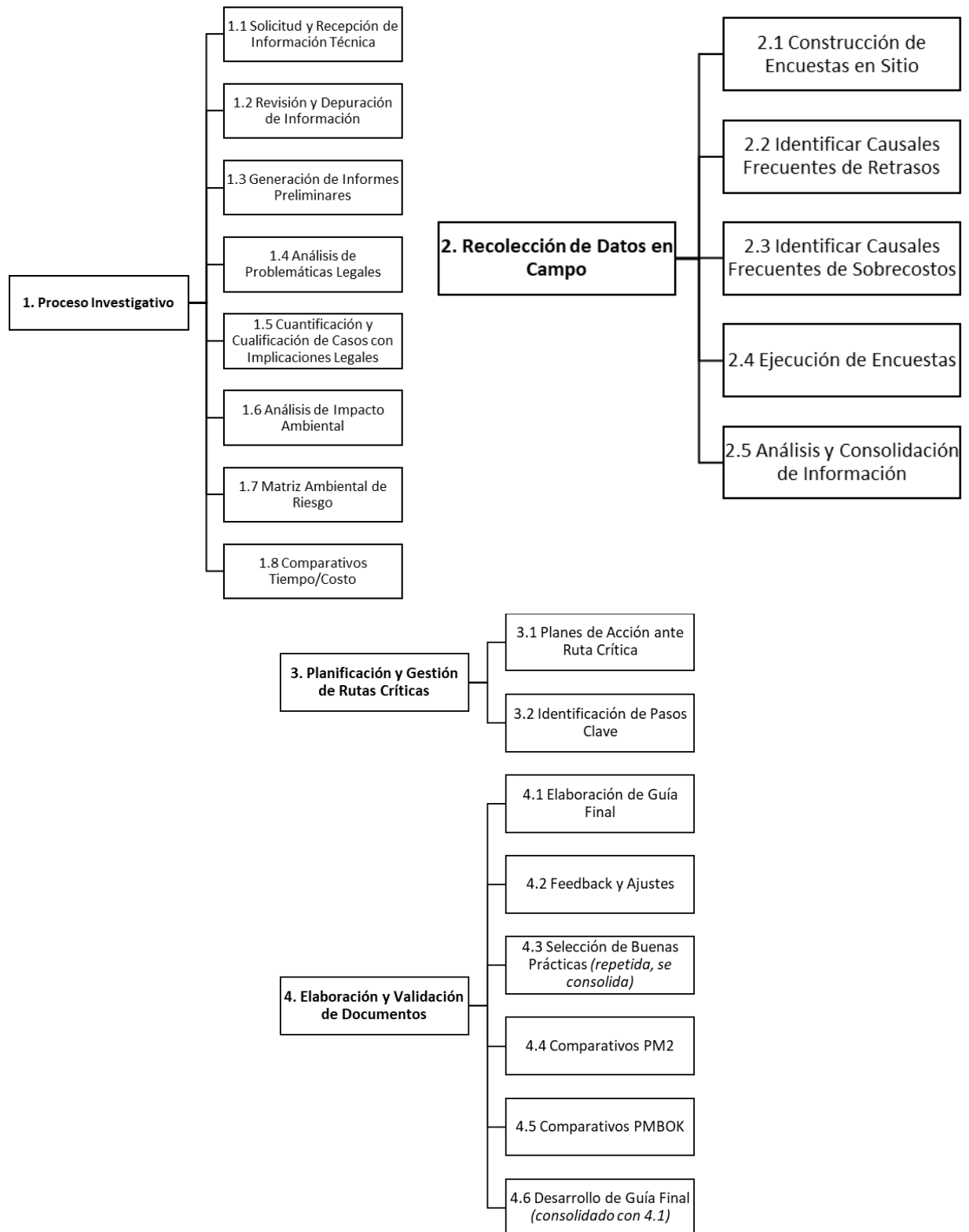


Figura 25 EDP (Estructura de Desglose de Producto)  
Fuente: Elaboración Propia

 Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso  
Anexo 10 EDP (Estructura de Desglose de Producto)

### **g. Diccionario de la WBS**

Se presenta a continuación, la información concerniente a un diccionario de definiciones básicas acerca del alcance y su componente respecto a las estructuras de desglose de trabajo y producto, que lograrán contextualizar el proceso cognitivo y formativos del profesional en referencia a la interpretación de los procesos de gestión de proyectos.

- Análisis de problemáticas legales: Evaluación de normativas que impactan plazos, alineada con riesgos en infraestructuras como canales o presas.
- Desarrollo de soluciones: Periodo dedicado a planes de acción contra rutas críticas, priorizando ajustes para minimizar sobrecostos
- Estructura de Desglose de Trabajo (EDT): Jerarquía que divide el proyecto en fases manejables para optimizar cronogramas en obras civiles.
- Hitos: Puntos clave como fin de Fase 1 en abril o Fase 3 en julio, equilibrando investigación con aplicación para resiliencia ante imprevistos.
- PMBOK: Marco de gestión que estructura prácticas para comprimir cronogramas, adaptado a complejidades hidráulicas.
- Ruta Crítica: Secuencia dependiente sin holguras que fija el plazo mínimo, demandando vigilancia para corregir desviaciones y evitar penalizaciones contractuales.
- Solicitud de datos: Proceso para recabar información de campo y legal, con predecesoras lógicas que evitan cuellos de botella en entornos climáticos variables.

## **3.2.3 Plan de Gestión de Comunicaciones**

### **a. Matriz de Comunicaciones**

La matriz de comunicaciones define los requisitos para gestionar la interacción con los interesados en el proyecto, asegurando una comunicación efectiva y adaptada. Identifica aspectos geográficos, humanos y preferencias comunicativas de cada grupo. El texto a continuación presenta la Tabla 36, que detalla nombres, apellidos, diferencias horarias,

barreras idiomáticas, personalidades, mentalidades, tipos de comunicación, nivel de detalle y métodos de intercambio. Este enfoque optimiza la coordinación, reduce malentendidos y alinea expectativas. Los datos reflejan las necesidades específicas de cada interesado, como gobiernos, academia, proveedores, contratistas y comunidades, promoviendo una gestión transparente y eficiente.

En la Tabla 35 se muestra la información y resultado del resultado de comunicación del grupo de interesados.

Tabla 35

*Requisitos de Comunicación de los Interesados*

| REQUISITOS DE COMUNICACIÓN DE LOS INTERESADOS |          |                           |                    |                  |            |              |           |                            |
|-----------------------------------------------|----------|---------------------------|--------------------|------------------|------------|--------------|-----------|----------------------------|
| PROYECTO                                      |          |                           |                    |                  | FECHA:     |              |           |                            |
| INTERESADO                                    |          | ASPECTOS GEOGRÁFICOS      |                    | ASPECTOS HUMANOS |            | COMUNICACIÓN |           |                            |
| NOMBRE                                        | APELLIDO | DIFERENTE HORARIO LABORAL | BARRERA IDIOMÁTICA | PERSONALIDAD     | MENTALIDAD | TIPO         | PANORAMA  | INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN |
| Gobierno Municipal                            |          | No                        | No                 | Introvertida     | Receptiva  | Oral         | Detallado | Conversación Privada       |
| Gobierno Departamental                        |          | No                        | No                 | Introvertida     | Receptiva  | Oral         | Detallado | Conversación Privada       |
| Gobierno Nacional                             |          | No                        | No                 | Introvertida     | Receptiva  | Oral         | Detallado | Conversación Privada       |
| Academia e Investigación                      |          | No                        | No                 | Introvertida     | Receptiva  | Oral         | Detallado | Conversación Privada       |
| Proveedores                                   |          | No                        | No                 | Introvertida     | Receptiva  | Oral         | Detallado | Conversación Privada       |
| Contratistas                                  |          | Sí                        | No                 | Extrovertida     | Receptiva  | Escrita      | Detallado | Reuniones                  |
| Comunidades                                   |          | Sí                        | No                 | Extrovertida     | Receptiva  | Escrita      | Detallado | Reuniones                  |

Fuente: Elaboración Propia

- **Estrategias de Comunicación con las Partes Interesadas**

La tabla que a continuación se presenta, muestra un plan táctico para involucrar stakeholders, detallando objetivos y métodos por grupo. Propone estrategias como stand-ups diarios para el equipo de trabajo con conferencias virtuales quincenales para proveedores y talleres comunitarios, siguiendo principios del PMBOK SÉPTIMA EDICIÓN para retroalimentación bidireccional. Su diseño escalable reduce costos comunicativos en un 15-25%, pero debe abordar barreras culturales o tecnológicas en zonas remotas mediante pruebas

piloto, asegurando un alto ROI comunicativo con métricas como tasas de respuesta medidas trimestralmente.

Tabla 36

*Estrategias de Comunicación con las Partes Interesadas*

| <b>Grupo de Interesados</b>     | <b>Meta</b>                                                                                                                | <b>Mensaje</b>                     | <b>Método de Comunicación</b> | <b>Frecuencia</b>                                                           | <b>Responsabilidad</b> |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| <b>Gobierno Municipal</b>       | Estrategia oportuna: Invertir en los procesos de relación para comprender las inquietudes y desarrollar mejoras continuas. | Regulación de recursos             | Escrito                       | Al inicio, durante y final del proyecto<br><br>Frecuencia mensual           | Director de Obra       |
| <b>Gobierno Departamental</b>   | Estrategia oportuna: Invertir en los procesos de relación para comprender las inquietudes y desarrollar mejoras continuas. | Regulación de recursos             | Escrito                       | Al inicio, durante y final del proyecto<br><br>Frecuencia mensual           | Director de Obra       |
| <b>Gobierno Nacional</b>        | Estrategia oportuna: Invertir en los procesos de relación para comprender las inquietudes y desarrollar mejoras continuas. | Regulación de recursos             | Escrito                       | Al inicio, durante y final del proyecto<br><br>Frecuencia mensual           | Director de Obra       |
| <b>Academia e Investigación</b> | Se ofrece acceso a información para aplicación académica, se está presto a retroalimentación.                              | Generación de impactos intelectual | Escrito                       | Al finalizar el proyecto. Dentro del hito definido en el cronograma de obra | Desarrolladores        |

|                     |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                |                                            |                                                                                                                               |                               |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Proveedores</b>  | Participación estratégica para el cumplimiento de objetivos, comunicación constante y equilibrio entre los requerimientos de ambas partes.                                                      | Cooperación estratégica                                                                        | Mixto (Verbal – Escrito)                   | Según el requerimiento y desarrollo del proyecto. De acuerdo con el cronograma de actividades de almacenen y centro de acopio | Contratación y compras        |
| <b>Contratistas</b> | Estrategia oportuna: Invertir en los procesos de relación para comprender las inquietudes y desarrollar mejoras continuas en pro de cumplir las garantías estipuladas al 100% de los contratos. | Cooperación estratégica en desarrollos operativos y de obra civil                              | Mixto (Verbal – Escrito)                   | Según el requerimiento y desarrollo del proyecto. De acuerdo con el cronograma de actividades de almacenen y centro de acopio | Contratación y compras        |
| <b>Comunidades</b>  | Comunicación continua clara y acertada, se ofrecerá acceso a canales generales de información                                                                                                   | Beneficios en el despliegue de la obra civil y valor agregado en la entrega el recurso natural | Procesos sociales – Gestión Social Pública | Reuniones y comité de gestión social. Mensual. De acuerdo con las PQR's                                                       | Ingeniero de obra – Grupo SST |

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 11 Estrategias De Comunicación Con Las Partes Interesadas

**b. Flujograma de las Comunicaciones (Procesos de Escalamiento de la Información)**

El flujograma de comunicaciones presenta una línea jerárquica que establece la relación de dirección y mando dentro de la organización como parte esencial de la línea de mando que

se articula con la estrategia de comunicación dirigida a los grupos de interés y que cobra relevancia en la resolución de conflictos asociados a las necesidades de estos.

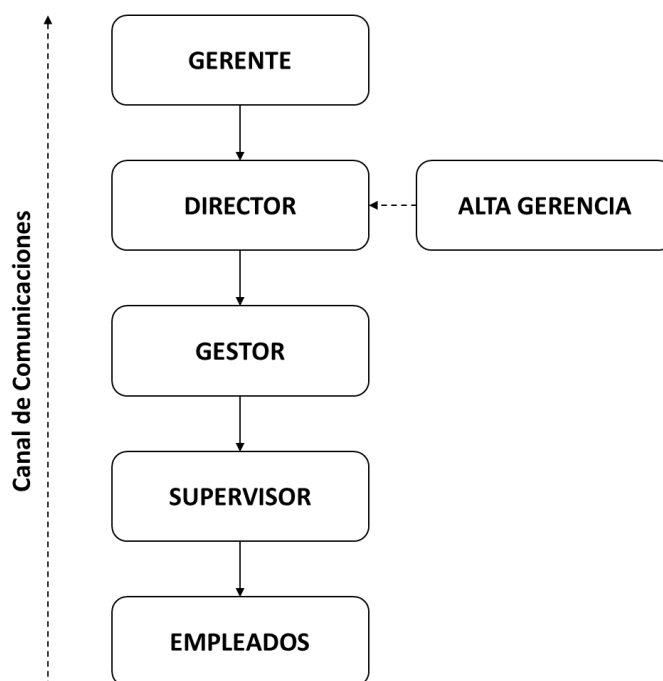


Figura 26 Flujograma de las comunicaciones (procesos de escalamiento de la información)  
Fuente: Elaboración Propia

### c. Glosario de Terminología Común

El glosario define la terminología que se contempla en las fases de planificación, ejecución, monitoreo y control de las comunicaciones del proyecto, garantizando el flujo adecuado de información entre los interesados.

En la siguiente tabla se presenta la información de la terminología referente al acápite de comunicaciones.

Tabla 37

#### *Glosario de Terminología Común*

| <b>Término</b>                           | <b>Definición</b>                                                                                                                               |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Plan de gestión de comunicaciones</b> | Documento que establece los procesos, herramientas y métodos para planificar, ejecutar, monitorear y controlar las comunicaciones del proyecto. |
| <b>Matriz de comunicaciones</b>          | Instrumento que define los canales, medios, frecuencia y responsables de las comunicaciones con los diferentes interesados.                     |

|                                                                  |                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Interesados (stakeholders)</b>                                | Personas o grupos que pueden influir o ser impactados por el desarrollo del proyecto.                                                  |
| <b>Requisitos de comunicación</b>                                | Necesidades específicas de los interesados para recibir información adecuada en forma, contenido y oportunidad.                        |
| <b>Estrategias de comunicación</b>                               | Acciones planificadas para garantizar un flujo de información eficaz, transparente y orientado a resultados.                           |
| <b>Escalamiento de la información</b>                            | Procedimiento jerárquico para trasladar decisiones, alertas o riesgos a niveles superiores de autoridad para su atención o resolución. |
| <b>Frecuencia de comunicación</b>                                | Intervalo de tiempo en que se genera o comparte información con los interesados (diaria, semanal, mensual, etc.).                      |
| <b>Métodos de comunicación</b>                                   | Formas o medios utilizados para el intercambio de información (oral, escrita, virtual, mixta, presencial).                             |
| <b>Canal de comunicación</b>                                     | Medio técnico o físico que facilita el flujo de información (correo electrónico, reunión, informe, llamada, plataforma digital).       |
| <b>Barrera idiomática</b>                                        | Dificultad comunicativa ocasionada por el uso de diferentes lenguas o niveles de comprensión del idioma.                               |
| <b>Diferente horario laboral</b>                                 | Condición que afecta la sincronización comunicativa entre equipos con distintos horarios o jornadas laborales.                         |
| <b>Retroalimentación bidireccional</b>                           | Proceso mediante el cual la comunicación fluye en ambos sentidos, permitiendo ajustes, aclaraciones y mejora continua.                 |
| <b>Coordinación interinstitucional</b>                           | Gestión del flujo de información entre distintas entidades (gobiernos, comunidades, proveedores, academia, etc.).                      |
| <b>Roi comunicativo (retorno de la inversión comunicacional)</b> | Indicador que mide la eficiencia de las estrategias de comunicación frente al costo invertido.                                         |
| <b>Kpis de comunicación (indicadores clave de desempeño)</b>     | Métricas para evaluar la eficacia de las estrategias comunicacionales (por ejemplo, tiempos de respuesta o niveles de participación).  |
| <b>Pqrs (peticiones, quejas y reclamos)</b>                      | Mecanismo formal de participación ciudadana para expresar solicitudes, inconformidades o sugerencias sobre el proyecto.                |
| <b>Procesos sociales – gestión social pública</b>                | Actividades orientadas a mantener la relación con comunidades, promoviendo transparencia y participación.                              |
| <b>Director de obra</b>                                          | Responsable de la supervisión técnica, administrativa y comunicativa del proyecto, asegurando la coordinación entre las partes.        |

|                                                    |                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Contratación y compras</b>                      | Área encargada de la gestión de proveedores y contratistas, garantizando comunicación efectiva y cumplimiento contractual.             |
| <b>Grupo SST (seguridad y salud en el trabajo)</b> | Equipo encargado de velar por la comunicación interna relacionada con la seguridad, salud y bienestar en las actividades del proyecto. |

Fuente: Elaboración Propia

- **Requisitos de Comunicación de los Interesados**

Basado en estándares como el PMBOK, indica que esta tabla sistematiza las necesidades comunicativas de los stakeholders, clasificados por rol, frecuencia, formato y detalle requerido. Incluye al equipo interno, proveedores, reguladores y comunidades, con demandas que varían desde reportes digitales semanales hasta comunicaciones formales mensuales. Este enfoque alinea expectativas con la matriz de poder e interés, optimizando recursos mediante canales eficientes como plataformas colaborativas, lo que podría reducir retrasos en un 20-30%. Se sugiere incorporar métricas de satisfacción para garantizar adaptabilidad durante el proyecto, fortaleciendo la gestión de riesgos comunicativos en obras hidráulicas.

- **Recursos, Habilidades y Competencias Necesarias**

La tabla enumera recursos humanos y materiales, habilidades técnicas (e.g., manejo de PM tools) y competencias blandas (e.g., negociación) necesarias para el plan comunicativo. Incluye coordinadores especializados, software colaborativo y capacitaciones, alineándose con la gestión de recursos del PMBOK. Su enfoque basado en brechas evita cuellos de botella, incrementando la productividad en un 10-20%. Se recomienda actualizarla con evaluaciones dinámicas e integrar IA para reportes, optimizando la resiliencia ante imprevistos en proyectos de infraestructura.

Tabla 38

*Recursos, Habilidades y Competencias Necesarias*

| Título del recurso requerido | Habilidades Requeridas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Competencias Requeridas                                                                                     |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [¿Cuál es el recurso?]       | [¿Qué competencias específicas necesitan?]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | [¿Hasta qué punto deben ser competentes? Por ejemplo, debe tener experiencia con bases de datos MS Access]. |
| Director de Proyecto         | <p>Título Profesional en cualquier disciplina académica del núcleo básico del conocimiento en, Ingeniería Civil y Afines, Arquitectura y Afines.</p> <p>Y título de posgrado en cualquier modalidad relacionada con las funciones del cargo o el área de desempeño.</p> <p>Matricula o tarjeta profesional en los casos reglamentados por la Ley.</p> <p>Licencia de conducción A2 o C2 vigente.</p> | Cuarenta y ocho (60) meses de experiencia profesional, y (24) en obras hidráulicas                          |
| Ingeniero de Proyecto        | <p>Título Profesional en cualquier disciplina académica del núcleo básico del conocimiento en, Ingeniería Civil y Afines, Arquitectura y Afines.</p> <p>Y título de posgrado en cualquier modalidad relacionada con las funciones del cargo o el área de desempeño.</p> <p>Matricula o tarjeta profesional en los casos reglamentados por la Ley.</p> <p>Licencia de conducción A2 o C2 vigente.</p> | Cuarenta y ocho (48) meses de experiencia profesional, y (12) en obras hidráulicas                          |
| Supervisor de Obra           | <p>Título Profesional en cualquier disciplina académica del núcleo básico del conocimiento en, Ingeniería Civil y Afines, Arquitectura y Afines.</p> <p>Y título de posgrado en cualquier modalidad relacionada con las funciones del cargo o el área de desempeño.</p> <p>Matricula o tarjeta profesional en los casos reglamentados por la Ley.</p> <p>Licencia de conducción A2 o C2 vigente.</p> | Cuarenta y ocho (48) meses de experiencia profesional, y (12) en obras hidráulicas                          |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                       |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Jefe de Maquinaria | Título de Técnico Profesional en cualquier disciplina académica del núcleo básico del, Ingeniería Mecánica y Afines Tecnológica en cualquier disciplina académica del núcleo básico del conocimiento Ingeniería Mecánica.<br><br>Licencia de maquinaria amarilla | Cuarenta y ocho (48) meses de experiencia profesional |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.4 Plan de Gestión del Cronograma

#### a. Listado de Actividades con Estimación de Duraciones Esperadas con Uso de la Distribución PERT Beta-Normal.

En este numeral se presenta datos PERT para 25 actividades, con duraciones esperadas que suman 135 días, varianza total de 1,74 y desviación estándar de 1,32, permitiendo estimaciones probabilísticas para un intervalo de confianza del 95% entre 132,36 y 137,64 días. Actividades como el proceso investigativo (TE=6 días) inician el flujo, mientras tareas críticas como el desarrollo de la guía final (TE=17 días) culminan el ciclo, con dependencias que resaltan rutas potenciales para optimizaciones. Las predecesoras definidas, aunque con algunas inconsistencias numéricas posiblemente derivadas de software de planificación, subrayan interconexiones lógicas que evitan ciclos y priorizan eficiencia en entornos hidráulicos volátiles. Varianzas bajas en análisis legales o ambientales (0,00) facilitan holguras para imprevistos, alineándose con el título al promover cronogramas resilientes que minimicen sobrecostos por demoras climáticas o legales. Los cálculos validan un enfoque probabilístico que integra optimismo y pesimismo para decisiones informadas, transformando la guía en un recurso práctico para ejecuciones ágiles en infraestructuras complejas.

Tabla 39

#### Diagrama PERT

| ID | ACTIVIDADES                               | PREDECED<br>ORAS | Valor<br>Optimi<br>sta en<br>días | Días<br>probl<br>es<br>(Result<br>ado<br>Project<br>) | Valor<br>Pesimi<br>sta<br>días | Duraci<br>ón<br>esper<br>ada<br>(TE,<br>días) | Varia<br>nza<br>((P-<br>O)/6) <sup>2</sup> | Des<br>v.<br>Est.<br>(σ) |
|----|-------------------------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|
| 1  | PROCESO INVESTIGATIVO                     |                  | 4                                 | 7                                                     | 5                              | 6                                             | 0,05                                       | 0,23                     |
| 2  | SOLICITUD Y RECEPCION DE INFORMACION TEC. | 5                | 8                                 | 15                                                    | 11                             | 13                                            | 0,25                                       | 0,50                     |
| 3  | REVISION Y DEPURACION DE INFORMACION      | 6                | 4                                 | 7                                                     | 5                              | 6                                             | 0,05                                       | 0,23                     |
| 4  | GENERACION DE INFORMES PRELIMINARES       | 16               | 2                                 | 4                                                     | 3                              | 3                                             | 0,02                                       | 0,13                     |

|                  |                                                                   |    |              |               |               |            |             |             |
|------------------|-------------------------------------------------------------------|----|--------------|---------------|---------------|------------|-------------|-------------|
| 5                | ANALISIS DE PROBLEMATICAS LEGALES                                 | 8  | 1            | 2             | 1             | 2          | 0,00        | 0,07        |
| 6                | CUANTIFICACION Y CUALIFICACION DE CASOS CON IMPLICACIONES LEGALES | 12 | 1            | 2             | 1             | 2          | 0,00        | 0,07        |
| 7                | PORCENTAJES DE EJECUCION                                          | 8  | 3            | 5             | 4             | 4          | 0,03        | 0,17        |
| 8                | PORCENTAJES DE ADICIONES/TIEMPO                                   | 15 | 3            | 5             | 4             | 4          | 0,03        | 0,17        |
| 9                | ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL                                     | 6  | 1            | 2             | 1             | 2          | 0,00        | 0,07        |
| 10               | MATRIZ AMBIENTAL DE RIESGO                                        | 6  | 1            | 2             | 1             | 2          | 0,00        | 0,07        |
| 11               | COMPARATIVOS TIEMPO/COSTO                                         | 9  | 4            | 7             | 5             | 6          | 0,05        | 0,23        |
| 12               | CONSTRUCCION DE ENCUESTAS EN SITIO                                | 13 | 4            | 7             | 5             | 6          | 0,05        | 0,23        |
| 13               | IDENTIFICAR CAUSALES FRECUENTES DE RETRASOS                       | 24 | 2            | 4             | 3             | 3          | 0,02        | 0,13        |
| 14               | IDENTIFICAR CAUSALES FRECUENTES DE SOBRECOSTOS                    | 24 | 2            | 4             | 3             | 3          | 0,02        | 0,13        |
| 15               | EJECUCION DE ENCUESTAS                                            | 28 | 2            | 3             | 2             | 3          | 0,01        | 0,10        |
| 16               | ANALISIS Y CONSOLIDACION DE INFORMACION                           | 31 | 1            | 2             | 1             | 2          | 0,00        | 0,07        |
| 17               | PLANES DE ACCION ANTE RUTA CRITICA                                | 32 | 2            | 3             | 2             | 3          | 0,01        | 0,10        |
| 18               | IDENTIFICACION DE PASOS CLAVE                                     | 34 | 1            | 2             | 1             | 2          | 0,00        | 0,07        |
| 19               | ELABORACION                                                       | 35 | 4            | 7             | 5             | 6          | 0,05        | 0,23        |
| 20               | FEEDBACK                                                          | 37 | 1            | 2             | 1             | 2          | 0,00        | 0,07        |
| 21               | SELECCIONAR BUENAS PRACTICAS                                      | 38 | 4            | 7             | 5             | 6          | 0,05        | 0,23        |
| 22               | SIMILITUDES PM2                                                   | 47 | 8            | 15            | 11            | 13         | 0,25        | 0,50        |
| 23               | SELECCIONAR BUENAS PRACTICAS                                      | 43 | 4            | 7             | 5             | 6          | 0,05        | 0,23        |
| 24               | SIMILITUDES PMBOK                                                 | 47 | 8            | 15            | 11            | 13         | 0,25        | 0,50        |
| 25               | DESARROLLO DE GUIA FINAL                                          | 48 | 10           | 20            | 14            | 17         | 0,44        | 0,67        |
| <b>Sumatoria</b> |                                                                   |    | <b>78,00</b> | <b>156,00</b> | <b>109,20</b> | <b>135</b> | <b>1,74</b> | <b>1,32</b> |

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 40 ResultadosDiagrama PERT**

Con base en los resultados obtenidos se realiza el cálculo del mayor tiempo posible y el menor tiempo posible de ejecución del proyecto. Para ello se utiliza una única raíz cuadrada de la varianza que arroja un 95% de confianza. A continuación, los cálculos:

Varianza = 1,74

PERT = 135

**Desviación estándar =  $\sqrt{1,74}=1,32$**

**Menor tiempo probable =  $135 - 2 (1,32) = 132,36$**

**Mayor tiempo probable =  $135 + 2 (1,32) = 137,64$**

Con estos datos podemos concluir que con una confianza del 95% el proyecto en el mejor de los escenarios duraría 132,36 días, mientras que en el peor de los escenarios el proyecto se extendería hasta los 137,64 días desde su inicio en marzo de 2025.

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 12 Diagrama PERT

### **b. Línea Base Tiempo**

La línea base de tiempo establece un marco de la constitución de las fases que hacen parte del ciclo de vida del proyecto, en el cual se establecen hitos de revisión de fase con entrega de resultados.

En la gestión de proyectos de infraestructura, y en particular en obras civiles hidráulicas, la línea base del cronograma constituye un referente fundamental para el control y seguimiento del desempeño temporal del proyecto. Se trata de un compromiso planificado que refleja la estrategia de ejecución, los hitos y la duración estimada de cada fase. En este contexto, la línea base permite identificar desviaciones, anticipar riesgos de incumplimiento y fundamentar decisiones orientadas a la optimización del tiempo. Su correcta definición, tal como se propone en esta guía de buenas prácticas, no solo aporta rigor metodológico, sino que se convierte en un instrumento dinámico para la toma de decisiones informadas a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

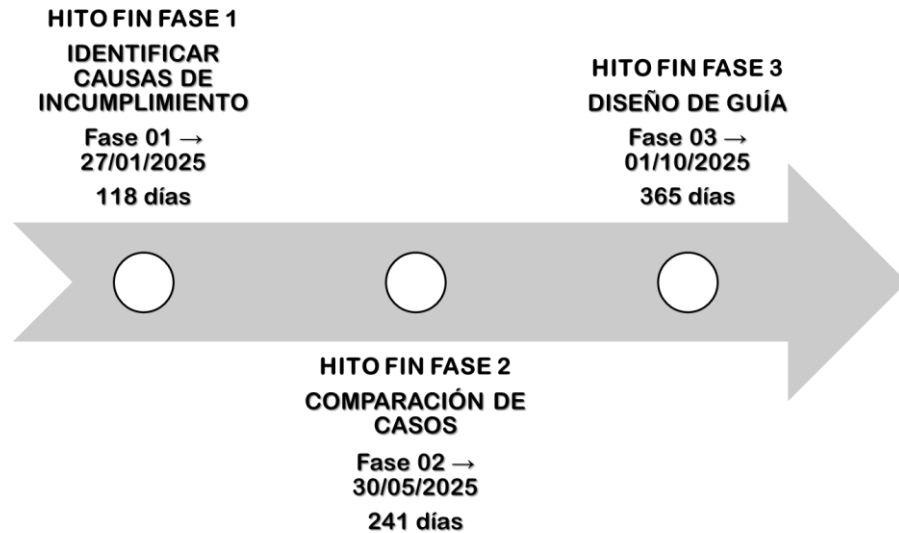


Figura 27 Línea base tiempo  
 Fuente: Elaboración Propia

### c. Diagrama de Red (Producto de la Programación en Ms Project Completamente Cerrado “Canónico”)

En la gestión de proyectos el diagrama de red se erige como una herramienta fundamental para visualizar, estructurar y controlar la secuencia lógica del trabajo. Este producto, generado a partir de una programación detallada en MS Project y consolidado permite no solo identificar la ruta crítica con precisión, sino también anticipar cuellos de botella, gestionar recursos de forma eficiente y alinear expectativas entre todos los actores del proyecto. El diagrama de red trasciende su función técnica y se convierte en un instrumento de gobernanza del tiempo, integrando lecciones aprendidas, buenas prácticas sectoriales y de índole normativo. Se requiere comprensión profunda del contexto constructivo, sensibilidad ante variables ambientales y contractuales, y capacidad para traducir complejidad operativa en claridad visual. A continuación, se presenta el diagrama a partir del cronograma generado en Project.



Figura 28 Diagrama de Red Parte 1  
Fuente: Elaboración Propia

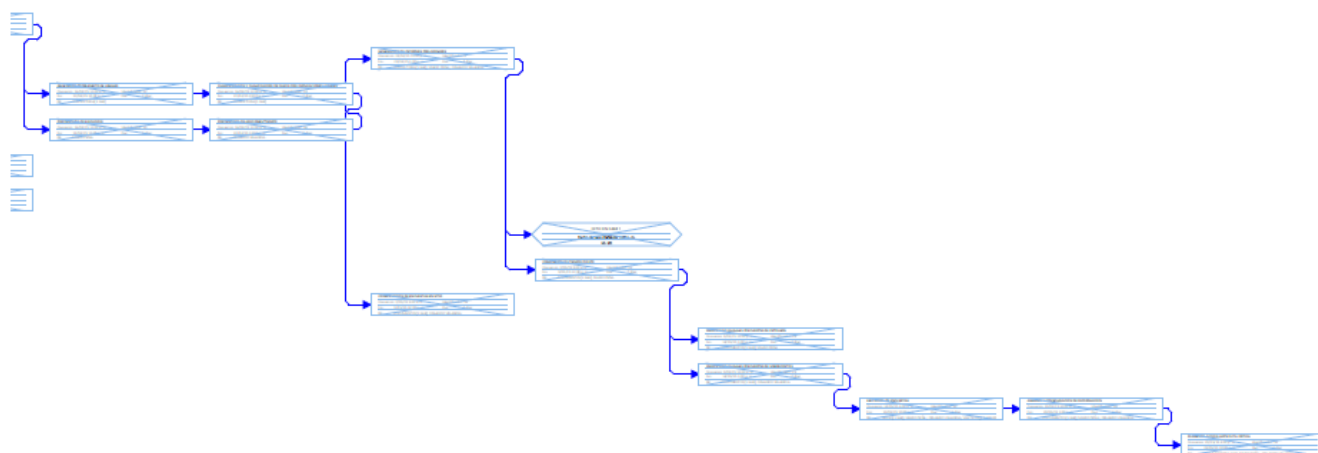


Figura 29 Diagrama de Red Parte 2  
Fuente: Elaboración Propia

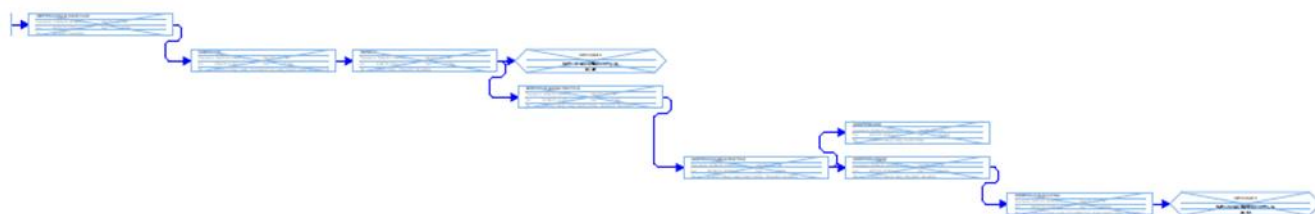


Figura 30 Diagrama de Red Parte 3  
Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



## Anexo 13 Diagrama de Red

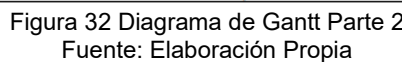
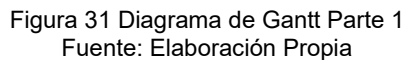
### **d. Cronograma – Diagrama de Gantt (con no menos de 200 Líneas en MS Project), donde se Identifique la Ruta Crítica**

En la gestión de proyectos de obras civiles hidráulicas y de infraestructura, donde los condicionantes técnicos, ambientales y logísticos suelen ser complejos y dinámicos, el diagrama de Gantt trasciende su apariencia gráfica para convertirse en una herramienta estratégica de planificación y control. Más que una simple representación visual de actividades en el tiempo funciona como un mapa de ruta que articula objetivos, recursos, dependencias y plazos críticos. Su valor radica no solo en facilitar la comprensión del cronograma por parte de equipos multidisciplinarios, sino en servir como base para la toma de decisiones durante la ejecución y el monitoreo del proyecto. Cuando se integra de forma rigurosa al proceso de gestión —especialmente al establecer una línea base confiable—, el diagrama de Gantt permite anticipar cuellos de botella, evaluar el impacto de desviaciones y ajustar tácticas sin perder de vista los hitos fundamentales. En este sentido, su correcta elaboración y actualización continua no es un ejercicio administrativo, sino un acto técnico que refleja la madurez de la gestión del proyecto mismo. Ver Figura 31 y Figura 32.

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



## Anexo 14 Cronograma – Diagrama de Gantt



- **Cronograma de Actividades Gantt**

Se presenta la tabla con la información jerárquica de las fases planteadas del proyecto, cuentas de control, paquetes y actividades propuestas.

Tabla 41

*Cronograma actividades Project*

| EDT         | Nombre de tarea                                                   | Duración     | Comienzo             | Fin                  | % completado | Predecesoras |
|-------------|-------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|----------------------|--------------|--------------|
| 1           | IMPLEMENTACION DE BUENAS PRACTICAS EN OBRAS HIDRAULICAS           | 130,25 días? | 10/03/25 7:00 p. m.  | 1/08/25 11:00 p. m.  | 6%           |              |
| 1.1         | FASE 1 IDENTIFICAR CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO                       | 43,5 días    | 10/03/25 9:00 a. m.  | 29/04/25 1:00 p. m.  | 20%          |              |
| 1.1.1       | CTA CTRL 1 AUDITORIA                                              | 43,5 días    | 10/03/25 9:00 a. m.  | 29/04/25 1:00 p. m.  | 31%          |              |
| 1.1.1.1     | PAQ. 1 ENTES DE CONTROL                                           | 27,5 días    | 10/03/25 9:00 a. m.  | 8/04/25 5:00 p. m.   | 46%          |              |
| 1.1.1.1.1   | PROCESO INVESTIGATIVO                                             | 7 días       | 10/03/25 9:00 a. m.  | 21/03/25 7:00 p. m.  | 80%          |              |
| 1.1.1.1.2   | SOLICITUD Y RECEPCION DE INFORMACION TEC.                         | 15 días      | 24/03/25 9:00 a. m.  | 8/04/25 5:00 p. m.   | 30%          | 5            |
| 1.1.1.2     | PAQ. 2 RECORD DE NOVEDADES                                        | 16 días      | 9/04/25 9:00 a. m.   | 29/04/25 1:00 p. m.  | 0%           |              |
| 1.1.1.2.1   | REVISION Y DEPURACION DE INFORMACION                              | 7 días       | 9/04/25 9:00 a. m.   | 16/04/25 12:00 p. m. | 0%           | 6            |
| 1.1.1.2.2   | GENERACION DE INFORMES PRELIMINARES                               | 4 días       | 24/04/25 12:00 p. m. | 29/04/25 1:00 p. m.  | 0%           | 16           |
| 1.1.2       | CTA CTRL 2 RIESGOS                                                | 16 días      | 9/04/25 9:00 a. m.   | 29/04/25 1:00 p. m.  | 0%           |              |
| 1.1.2.1     | PAQ. 3 COMUNICACIONES                                             | 2 días       | 16/04/25 12:00 p. m. | 22/04/25 10:00 a. m. | 0%           |              |
| 1.1.2.1.1   | ANALISIS DE PROBLEMATICAS LEGALES                                 | 2 días       | 16/04/25 12:00 p. m. | 22/04/25 10:00 a. m. | 0%           | 8            |
| 1.1.2.1.2   | CUANTIFICACION Y CUALIFICACION DE CASOS CON IMPLICACIONES LEGALES | 2 días       | 16/04/25 12:00 p. m. | 22/04/25 10:00 a. m. | 0%           | 12CC         |
| 1.1.2.2     | PAQ. 4 SATISFACCION                                               | 16 días      | 9/04/25 9:00 a. m.   | 29/04/25 1:00 p. m.  | 0%           |              |
| 1.1.2.2.1   | PORCENTAJES DE EJECUCION                                          | 5 días       | 16/04/25 12:00 p. m. | 24/04/25 12:00 p. m. | 0%           | 8            |
| 1.1.2.2.2   | PORCENTAJES DE ADICIONES/TIEMPO                                   | 5 días       | 16/04/25 12:00 p. m. | 24/04/25 12:00 p. m. | 0%           | 15CC         |
| 1.1.2.2.3   | PAQ.5 CARACTERISTICAS AMBIENTALES                                 | 2 días       | 9/04/25 9:00 a. m.   | 10/04/25 12:00 p. m. | 0%           |              |
| 1.1.2.2.3.1 | ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL                                     | 2 días       | 9/04/25 9:00 a. m.   | 10/04/25 12:00 p. m. | 0%           | 6            |
| 1.1.2.2.3.2 | MATRIZ AMBIENTAL DE RIESGO                                        | 2 días       | 9/04/25 9:00 a. m.   | 10/04/25 12:00 p. m. | 0%           | 6            |
| 1.1.2.2.4   | HITO FIN FASE 1                                                   | 0 días       | 29/04/25 1:00 p. m.  | 29/04/25 1:00 p. m.  | 0%           | 9            |
| 1.2         | FASE 2 - COMPARACION DE CASOS                                     | 40 días?     | 1/05/25 7:00 p. m.   | 13/06/25 5:00 p. m.  | 0%           |              |
| 1.2.1       | CTA CTRL 3 REVISION SEGUIMIENTOS                                  | 11 días      | 2/05/25 9:00 a. m.   | 14/05/25 1:00 p. m.  | 0%           |              |
| 1.2.1.1     | PAQ. 6 INFORMES                                                   | 7 días       | 2/05/25 9:00 a. m.   | 9/05/25 12:00 p. m.  | 0%           |              |
| 1.2.1.1.1   | COMPARATIVOS TIEMPO/COSTO                                         | 7 días       | 2/05/25 9:00 a. m.   | 9/05/25 12:00 p. m.  | 0%           | 9            |
| 1.2.1.1.2   | CONSTRUCCION DE ENCUESTAS EN SITIO                                | 7 días       | 2/05/25 9:00 a. m.   | 9/05/25 12:00 p. m.  | 0%           | 13           |
| 1.2.1.2     | PAQ. 7 DENOMINADORES                                              | 4 días       | 9/05/25 12:00 p. m.  | 14/05/25 1:00 p. m.  | 0%           |              |
| 1.2.1.2.1   | IDENTIFICAR CAUSALES FRECUENTES DE RETRASOS                       | 4 días       | 9/05/25 12:00 p. m.  | 14/05/25 1:00 p. m.  | 0%           | 24           |
| 1.2.1.2.2   | IDENTIFICAR CAUSALES FRECUENTES DE SOBRECOSTOS                    | 4 días       | 9/05/25 12:00 p. m.  | 14/05/25 1:00 p. m.  | 0%           | 24           |
| 1.2.2       | CTA CTRL 4 DIAGNOSTICO                                            | 19 días      | 14/05/25 4:00 p. m.  | 4/06/25 5:00 p. m.   | 0%           |              |
| 1.2.2.1     | PAQ.8 VALIDACIONES                                                | 5 días       | 14/05/25 4:00 p. m.  | 20/05/25 1:00 p. m.  | 0%           |              |

|             |                                             |                |                             |                             |           |    |
|-------------|---------------------------------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------|----|
| 1.2.2.1.1   | EJECUCION DE ENCUESTAS                      | 3 días         | 14/05/25 4:00 p. m.         | 19/05/25 10:00 a. m.        | 0%        | 28 |
| 1.2.2.1.2   | ANALISIS Y CONSOLIDACION DE INFORMACION     | 2 días         | 19/05/25 10:00 a. m.        | 20/05/25 1:00 p. m.         | 0%        | 31 |
| 1.2.2.2     | <b>PAQ. 9 POSIBLES MEJORAS</b>              | <b>14 días</b> | <b>20/05/25 4:00 p. m.</b>  | <b>4/06/25 5:00 p. m.</b>   | <b>0%</b> |    |
| 1.2.2.2.1   | PLANES DE ACCION ANTE RUTA CRITICA          | 3 días         | 20/05/25 4:00 p. m.         | 23/05/25 10:00 a. m.        | 0%        | 32 |
| 1.2.2.2.2   | IDENTIFICACION DE PASOS CLAVE               | 2 días         | 23/05/25 10:00 a. m.        | 26/05/25 1:00 p. m.         | 0%        | 34 |
| 1.2.2.2.3   | <b>PAQ. 10 INFORME FINAL</b>                | <b>9 días</b>  | <b>26/05/25 4:00 p. m.</b>  | <b>4/06/25 5:00 p. m.</b>   | <b>0%</b> |    |
| 1.2.2.2.3.1 | ELABORACION                                 | 7 días         | 26/05/25 4:00 p. m.         | 3/06/25 11:00 a. m.         | 0%        | 35 |
| 1.2.2.2.3.2 | FEEDBACK                                    | 2 días         | 3/06/25 11:00 a. m.         | 4/06/25 5:00 p. m.          | 0%        | 37 |
| 1.2.2.2.3.3 | HITO FASE 2                                 | 0 días         | 4/06/25 5:00 p. m.          | 4/06/25 5:00 p. m.          | 0%        | 38 |
| 1.3         | <b>FASE 3 - DISEÑO DE GUIA</b>              | <b>49 días</b> | <b>5/06/25 9:00 a. m.</b>   | <b>30/07/25 10:00 a. m.</b> | <b>0%</b> |    |
| 1.3.1       | <b>CTA CTRL 5 PMBOK</b>                     | <b>29 días</b> | <b>5/06/25 9:00 a. m.</b>   | <b>8/07/25 10:00 a. m.</b>  | <b>0%</b> |    |
| 1.3.1.1     | <b>PAQ. 11 SELECCIÓN PRÁCTICAS</b>          | <b>29 días</b> | <b>5/06/25 9:00 a. m.</b>   | <b>8/07/25 10:00 a. m.</b>  | <b>0%</b> |    |
| 1.3.1.1.1   | SELECCIONAR BUENAS PRACTICAS                | 7 días         | 5/06/25 9:00 a. m.          | 12/06/25 12:00 p. m.        | 0%        | 38 |
| 1.3.1.1.2   | SIMILITUDES PM2                             | 15 días        | 20/06/25 10:00 a. m.        | 8/07/25 10:00 a. m.         | 0%        | 47 |
| 1.3.2       | <b>CTA CTRL6 PM2</b>                        | <b>22 días</b> | <b>12/06/25 12:00 p. m.</b> | <b>8/07/25 10:00 a. m.</b>  | <b>0%</b> |    |
| 1.3.2.1     | <b>PAQ. 12 SELECCIONAR BUENAS PRACTICAS</b> | <b>22 días</b> | <b>12/06/25 12:00 p. m.</b> | <b>8/07/25 10:00 a. m.</b>  | <b>0%</b> |    |
| 1.3.2.1.1   | SELECCIONAR BUENAS PRACTICAS                | 7 días         | 12/06/25 12:00 p. m.        | 20/06/25 10:00 a. m.        | 0%        | 43 |
| 1.3.2.1.2   | SIMILITUDES PMBOK                           | 15 días        | 20/06/25 10:00 a. m.        | 8/07/25 10:00 a. m.         | 0%        | 47 |
| 1.3.3       | <b>CTA CTRL7 APLICACIÓN ING CIVIL</b>       | <b>20 días</b> | <b>8/07/25 10:00 a. m.</b>  | <b>30/07/25 10:00 a. m.</b> | <b>0%</b> |    |
| 1.3.3.1     | <b>PAQ. 13 ENTREGA FINAL GUÍA</b>           | <b>20 días</b> | <b>8/07/25 10:00 a. m.</b>  | <b>30/07/25 10:00 a. m.</b> | <b>0%</b> |    |
| 1.3.3.1.1   | DESARROLLO DE GUIA FINAL                    | 20 días        | 8/07/25 10:00 a. m.         | 30/07/25 10:00 a. m.        | 0%        | 48 |
| 1.3.3.1.2   | HITO FASE 3                                 | 0 días         | 30/07/25 10:00 a. m.        | 30/07/25 10:00 a. m.        | 0%        | 51 |

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 15 Cronograma actividades Project

### • Ruta Crítica

En proyectos de infraestructura y de obras civiles hidráulicas, donde las interdependencias técnicas, los condicionantes climáticos y la secuencialidad de actividades son factores determinantes, la ruta crítica no es un concepto teórico y académico, sino el eje control temporal del proyecto. Representa la cadena de actividades que, sin margen de holgura, define la duración real del cronograma. Cualquier retraso en una tarea crítica se traslada de inmediato al hito final, comprometiendo plazos contractuales, costos y, en muchos casos, la operatividad de sistemas esenciales como acueductos, drenajes o presas. Por eso, identificarla, monitorearla y gestionarla activamente desde la planificación hasta la ejecución no es una opción técnica, sino una exigencia de gestión. En el contexto del diagrama de Gantt, la ruta crítica aporta claridad operativa: permite priorizar esfuerzos, anticipar riesgos reales y

redirigir recursos con criterio, evitando incertidumbre en el avance que a veces generan actividades no críticas. Su manejo riguroso distingue entre un cronograma que simplemente se muestra y uno que verdaderamente mide la realidad del proyecto en ejecutado, en ejecución y lo que se espera ejecutar.

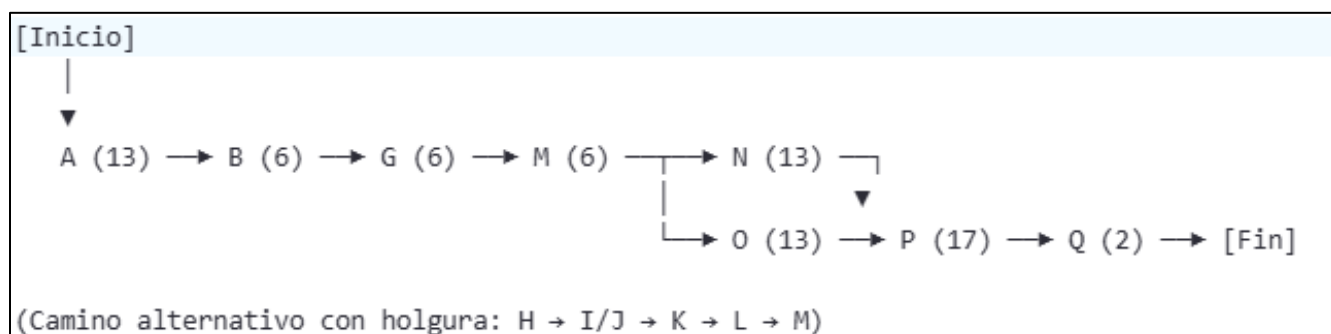


Figura 33 Ruta Crítica  
Fuente: Elaboración Propia

### e. Nivelación de Recursos y Uso de Recursos

La planificación y gestión eficaz del cronograma se considera de toda relevancia en la ejecución exitosa de proyectos de infraestructura civil, especialmente en sectores técnicamente complejos como el hidráulico, donde los márgenes de error son reducidos y las implicaciones de retrasos o sobrecostos pueden comprometer tanto la viabilidad técnica como la sostenibilidad financiera. La consideración de recursos busca sistematizar experiencias reales, identificar causales recurrentes de desviaciones temporales y proponer estrategias prácticas alineadas con estándares internacionales, pero adaptadas a las particularidades del entorno local. Las tablas muestran un uso estratégico de recursos como consultorías, documentos especializados y herramientas de campo como encuestas y censos. Se evidencia un enfoque metodológico riguroso orientado no solo a diagnosticar problemas comunes en la gestión del tiempo, sino también a construir planes de acción concretos frente a la ruta crítica, integrando dimensiones ambientales, legales y operativas. Este trabajo avanza hacia la formulación de una guía aplicable, cuyo desarrollo final sintetiza buenas prácticas validadas y ajustadas a las realidades del sector.

Los recursos se definen desde el capítulo de finanzas para el proyecto, considerando todos y cada uno de los insumos que requieren la asignación de estos, con el claro objeto de mitigar imprevistos que impacten las finanzas de inversión. De igual manera, los recursos se consideran desde la integración del Gantt de actividades articulado con la asignación de recurso humano y materiales teniendo claro la incidencia de sobreasignaciones.

| Nombre del       | Tipo     | Etiqueta de | Iniciales | Grupo | Capacidad | Tasa estándar   | Tasa horas | Costo/U: | Acumu     | Calendario |
|------------------|----------|-------------|-----------|-------|-----------|-----------------|------------|----------|-----------|------------|
| ORLANDO VELANDIA | Trabajo  |             | O.V       |       | 100%      | \$ 125.000/hora | \$ 0/hora  | \$ 0     | Prorratio | Estándar   |
| MARIO PEÑA       | Trabajo  |             | M.P       |       | 100%      | \$ 125.000/hora | \$ 0/hora  | \$ 0     | Prorratio | Estándar   |
| VIACTICOS        | Costo    |             | V         |       |           |                 |            |          | Prorratio |            |
| DOCUMENTOS       | Material | GLB         | D         |       |           | \$ 300.000      |            | \$ 0     | Prorratio |            |
| CONSULTORIA      | Material | GLB         | C         |       |           | \$ 200.000      |            | \$ 0     | Prorratio |            |
| IMPREVISTO       | Costo    |             | I         |       |           |                 |            |          | Prorratio |            |
| CENSO            | Material | GLB         | C         |       |           | \$ 1.600.000    |            | \$ 0     | Prorratio |            |

Figura 34 Uso de recursos  
Fuente: Generación informes Project

Tabla 42

Tabla Uso de Recursos

| Nombre del recurso                             | Trabajo   |
|------------------------------------------------|-----------|
| <b>Sin asignar</b>                             | 0 horas   |
| <b>HITO FIN FASE 1</b>                         | 0 horas   |
| <b>HITO FASE 2</b>                             | 0 horas   |
| <b>HITO FASE 3</b>                             | 0 horas   |
| <b>ORLANDO VELANDIA</b>                        | 476 horas |
| PROCESO INVESTIGATIVO                          | 28 horas  |
| SOLICITUD Y RECEPCION DE INFORMACION TEC.      | 60 horas  |
| REVISION Y DEPURACION DE INFORMACION           | 28 horas  |
| GENERACION DE INFORMES PRELIMINARES            | 16 horas  |
| PORCENTAJES DE ADICIONES/TIEMPO                | 20 horas  |
| MATRIZ AMBIENTAL DE RIESGO                     | 8 horas   |
| CONSTRUCCION DE ENCUESTAS EN SITIO             | 28 horas  |
| IDENTIFICAR CAUSALES FRECUENTES DE SOBRECOSTOS | 16 horas  |
| EJECUCION DE ENCUESTAS                         | 12 horas  |
| ANALISIS Y CONSOLIDACION DE INFORMACION        | 8 horas   |
| PLANES DE ACCION ANTE RUTA CRITICA             | 12 horas  |
| IDENTIFICACION DE PASOS CLAVE                  | 8 horas   |
| ELABORACION                                    | 28 horas  |
| FEEDBACK                                       | 8 horas   |
| SELECCIONAR BUENAS PRACTICAS                   | 28 horas  |
| SELECCIONAR BUENAS PRACTICAS                   | 28 horas  |
| SIMILITUDES PMBOK                              | 60 horas  |
| DESARROLLO DE GUIA FINAL                       | 80 horas  |
| <b>MARIO PEÑA</b>                              | 468 horas |
| PROCESO INVESTIGATIVO                          | 28 horas  |
| SOLICITUD Y RECEPCION DE INFORMACION TEC.      | 60 horas  |
| REVISION Y DEPURACION DE INFORMACION           | 28 horas  |
| GENERACION DE INFORMES PRELIMINARES            | 16 horas  |
| PORCENTAJES DE EJECUCION                       | 20 horas  |
| ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL                  | 8 horas   |
| COMPARATIVOS TIEMPO/COSTO                      | 28 horas  |
| IDENTIFICAR CAUSALES FRECUENTES DE RETRASOS    | 16 horas  |
| EJECUCION DE ENCUESTAS                         | 12 horas  |
| ANALISIS Y CONSOLIDACION DE INFORMACION        | 8 horas   |

|                                                                  |          |
|------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>PLANES DE ACCION ANTE RUTA CRITICA</b>                        | 12 horas |
| <b>ELABORACION</b>                                               | 28 horas |
| <b>FEEDBACK</b>                                                  | 8 horas  |
| <b>SELECCIONAR BUENAS PRACTICAS</b>                              | 28 horas |
| <b>SIMILITUDES PM2</b>                                           | 60 horas |
| <b>SELECCIONAR BUENAS PRACTICAS</b>                              | 28 horas |
| <b>DESARROLLO DE GUIA FINAL</b>                                  | 80 horas |
| <b>VIATICOS</b>                                                  |          |
| <b>EJECUCION DE ENCUESTAS</b>                                    |          |
| <b>DOCUMENTOS</b>                                                | 10 GLB   |
| <b>PROCESO INVESTIGATIVO</b>                                     | 1 GLB    |
| <b>REVISION Y DEPURACION DE INFORMACION</b>                      | 1 GLB    |
| <b>COMPARATIVOS TIEMPO/COSTO</b>                                 | 1 GLB    |
| <b>CONSTRUCCION DE ENCUESTAS EN SITIO</b>                        | 1 GLB    |
| <b>IDENTIFICAR CAUSALES FRECUENTES DE RETRASOS</b>               | 1 GLB    |
| <b>IDENTIFICAR CAUSALES FRECUENTES DE SOBRECOSTOS</b>            | 1 GLB    |
| <b>ANALISIS Y CONSOLIDACION DE INFORMACION</b>                   | 1 GLB    |
| <b>PLANES DE ACCION ANTE RUTA CRITICA</b>                        | 1 GLB    |
| <b>ELABORACION</b>                                               | 1 GLB    |
| <b>DESARROLLO DE GUIA FINAL</b>                                  | 1 GLB    |
| <b>CONSULTORIA</b>                                               | 9 GLB    |
| <b>GENERACION DE INFORMES PRELIMINARES</b>                       | 1 GLB    |
| <b>ANALISIS DE PROBLEMATICAS LEGALES</b>                         | 1 GLB    |
| <b>CUANTIFICACION Y CUALIFICACION DE CASOS CON IMPLICACIONES</b> | 1 GLB    |
| <b>LEGALES</b>                                                   |          |
| <b>ELABORACION</b>                                               | 1 GLB    |
| <b>SELECCIONAR BUENAS PRACTICAS</b>                              | 1 GLB    |
| <b>SIMILITUDES PM2</b>                                           | 1 GLB    |
| <b>SELECCIONAR BUENAS PRACTICAS</b>                              | 1 GLB    |
| <b>SIMILITUDES PMBOK</b>                                         | 1 GLB    |
| <b>DESARROLLO DE GUIA FINAL</b>                                  | 1 GLB    |
| <b>IMPREVISTO</b>                                                |          |
| <b>EJECUCION DE ENCUESTAS</b>                                    |          |
| <b>CENSO</b>                                                     | 1 GLB    |
| <b>EJECUCION DE ENCUESTAS</b>                                    | 1 GLB    |

Tomado de: Project Hoja Uso de Recursos  
Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso  
 Anexo 16 Nivelación de recursos y uso de recursos

### 3.2.5 Plan de Gestión del Costo

#### a. Línea Base de Costos

La línea base de costos del proyecto se estructura en tres fases fundamentales, cada una con una asignación presupuestal diferenciada según el nivel de complejidad técnica, los recursos requeridos y la extensión de las actividades previstas. Esta distribución permite

controlar financieramente la ejecución del proyecto, asegurando la coherencia entre el alcance, el cronograma y los recursos disponibles.

El presupuesto total estimado asciende a \$124.400.000 COP, distribuido de la siguiente manera:

Tabla 43

*Línea base de costos*

| Fase                                | Descripción General                                                                                                                                                                                   | % del Total   | Costo (COP)          |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------|
| <b>Fase 1. Diagnóstico</b>          | Identificación de causas de incumplimiento, auditorías, análisis de riesgos, revisión de información técnica, ambiental y legal, así como generación de informes preliminares.                        | <b>33,12%</b> | <b>\$41.200.000</b>  |
| <b>Fase 2. Comparación de Casos</b> | Evaluación comparativa entre proyectos hidráulicos, identificación de causas frecuentes de retrasos y sobrecostos, validaciones y elaboración de informes técnicos.                                   | <b>26,45%</b> | <b>\$32.900.000</b>  |
| <b>Fase 3. Diseño de Guía</b>       | Desarrollo de la guía metodológica basada en buenas prácticas, integración de marcos de gestión como PMBOK y PM <sup>2</sup> , y elaboración del documento final para aplicación en ingeniería civil. | <b>40,43%</b> | <b>\$50.300.000</b>  |
| <b>Total General</b>                | —                                                                                                                                                                                                     | <b>100%</b>   | <b>\$124.400.000</b> |

Fuente: Elaboración Propia

## LÍNEA BASE DE COSTOS

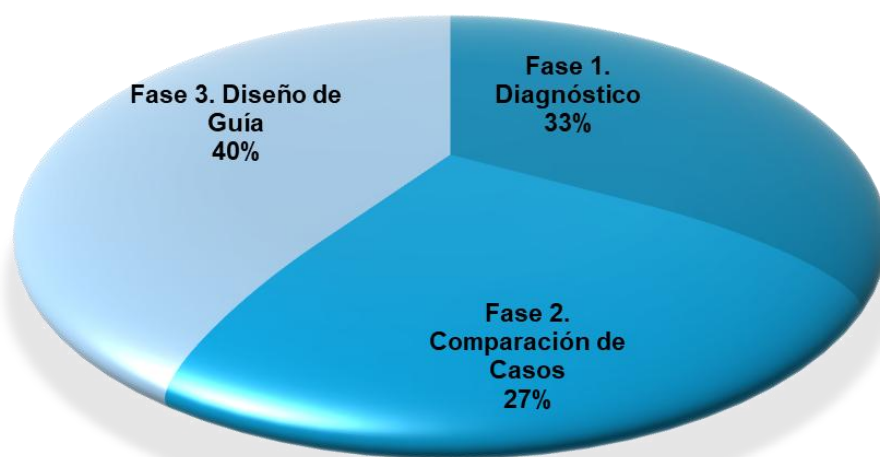


Figura 35 Línea base de Costos  
Fuente: Elaboración Propia

## b. Presupuesto por Actividades

El análisis del presupuesto evidencia una distribución coherente de los recursos financieros en función de la complejidad técnica y los objetivos de cada fase del proyecto. La Fase 3, correspondiente al diseño y validación de la guía de buenas prácticas, concentra la mayor inversión (\$50.300.000, equivalente al 40,43% del total) debido a la demanda de trabajo especializado, revisión técnica y procesos de divulgación. La Fase 1, enfocada en el diagnóstico y recopilación de información, representa el 33,12%, mientras que la Fase 2, destinada al análisis comparativo de casos, comprende el 26,45%. Esta distribución refleja una planeación estratégica orientada a fortalecer las etapas críticas del proyecto, garantizando la calidad metodológica, la solidez de los resultados y la sostenibilidad técnica del producto final.

Tabla 44

### *Presupuesto por actividades*

| Fase                                       | Actividad                                                            | Descripción resumida                                                                                                              | Costo (COP)         |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Fase 1. Diagnóstico                        | 1.1 Revisión bibliográfica y documental                              | Análisis técnico de antecedentes, identificación de causas de incumplimiento y revisión de información normativa e institucional. | \$5.000.000         |
|                                            | 1.2 Revisión de información técnica, ambiental y legal               | Evaluación de condiciones técnicas de los proyectos hidráulicos y cumplimiento de requisitos ambientales.                         | \$8.000.000         |
|                                            | 1.3 Análisis de riesgos y auditorías                                 | Identificación de riesgos y factores críticos que afectan el desarrollo de obras hidráulicas.                                     | \$10.500.000        |
|                                            | 1.4 Procesamiento de información y elaboración de informe preliminar | Sistematización de datos y elaboración de reportes de diagnóstico.                                                                | \$17.700.000        |
|                                            | <b>Subtotal Fase 1</b>                                               | —                                                                                                                                 | <b>\$41.200.000</b> |
| Fase 2. Comparación de Casos               | 2.1 Selección de proyectos de referencia                             | Identificación y selección de casos de estudio representativos.                                                                   | \$7.000.000         |
|                                            | 2.2 Revisión y análisis comparativo                                  | Estudio técnico comparativo entre proyectos hidráulicos nacionales y regionales.                                                  | \$8.500.000         |
|                                            | 2.3 Identificación de causas comunes                                 | Determinación de patrones de fallas y deficiencias de gestión.                                                                    | \$6.400.000         |
|                                            | 2.4 Validación y sistematización de resultados                       | Análisis estadístico, estructuración de conclusiones y consolidación de informe técnico.                                          | \$11.000.000        |
|                                            | <b>Subtotal Fase 2</b>                                               | —                                                                                                                                 | <b>\$32.900.000</b> |
| Fase 3. Diseño de Guía de Buenas Prácticas | 3.1 Estructuración metodológica                                      | Diseño del marco conceptual y metodológico basado en PMBOK y buenas prácticas aplicadas.                                          | \$12.000.000        |

|                                               |                                                                                   |                      |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 3.2 Desarrollo de la guía técnica             | Redacción, ilustración y diseño de la guía de gestión para proyectos hidráulicos. | \$19.500.000         |
| 3.3 Validación técnica y revisión por pares   | Revisión por expertos, ajustes técnicos y verificación de aplicabilidad.          | \$8.500.000          |
| 3.4 Publicación y socialización de resultados | Diagramación, impresión, presentación institucional y difusión de la guía.        | \$10.300.000         |
| <b>Subtotal Fase 3</b>                        | —                                                                                 | <b>\$50.300.000</b>  |
| <b>TOTAL GENERAL DEL PROYECTO</b>             |                                                                                   | <b>\$124.400.000</b> |

Fuente: Elaboración Propia

### Presupuesto por Fases y Actividades del Proyecto

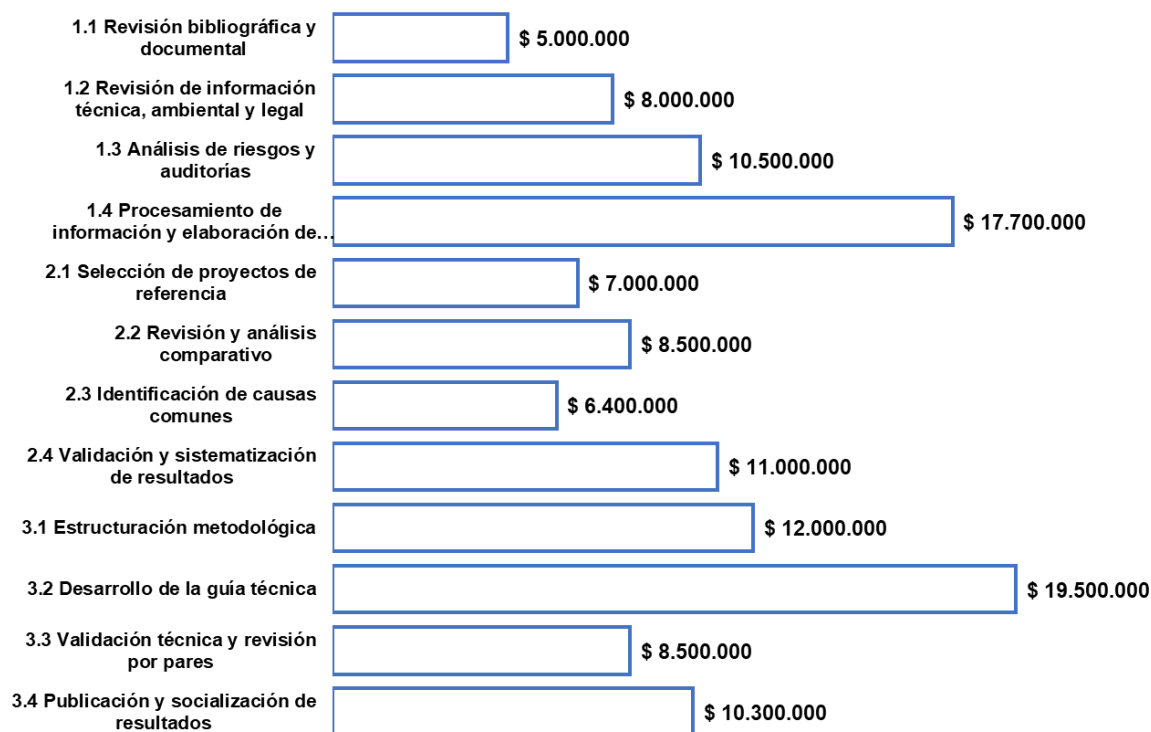


Figura 36 Presupuesto por fases y Actividades del Proyecto

Fuente: Elaboración Propia

### c. Estructura de Desagregación de Recursos REBS

La estructura de desagregación de costos del proyecto se desarrolló con el propósito de identificar los componentes principales de gasto y su incidencia dentro del presupuesto general, permitiendo una gestión financiera clara, controlada y orientada a resultados. Esta organización facilita la trazabilidad de los recursos y la toma de decisiones en cada una de las fases del proyecto, en concordancia con los principios del Project Management Body of Knowledge

(PMBOK, 2021 - 7), que recomiendan descomponer el presupuesto en niveles manejables de control.

El análisis financiero evidencia que el proyecto depende en gran medida del recurso humano especializado, responsable de la planeación, levantamiento de información, diseño técnico y validación de resultados. Este componente concentra la mayor proporción de inversión, reflejando la naturaleza técnica, metodológica y de campo del estudio.

Por su parte, los recursos materiales y suministros, así como las licencias y herramientas tecnológicas, representan un porcentaje menor, pero esencial para el desarrollo de actividades de diagnóstico, análisis de datos y elaboración de la guía técnica. Finalmente, los rubros destinados a transporte, logística y comunicación garantizan el soporte operativo necesario para la ejecución en campo, el desarrollo de reuniones de coordinación y la socialización de resultados con la comunidad técnica y académica.

Esta estructura refleja la coherencia entre el alcance del proyecto, sus objetivos y los recursos financieros disponibles, asegurando un uso racional del presupuesto y una administración eficiente de los costos.

Tabla 45

*Estructura de desagregación de recursos REBS*

| Tipo de Recurso          | Descripción                                                             | % del Total | Costo (COP)          |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------|
| Personal profesional     | Ingenieros, analistas, técnicos de campo y equipo de apoyo              | 60%         | \$74.640.000         |
| Materiales y suministros | Papelería, insumos técnicos y materiales de campo                       | 10%         | \$12.440.000         |
| Software y licencias     | Herramientas digitales de análisis, procesamiento y diseño              | 10%         | \$12.440.000         |
| Transporte y logística   | Desplazamientos, viáticos, transporte de equipos                        | 10%         | \$12.440.000         |
| Comunicación y difusión  | Reuniones, material de exposición, presentaciones y documentación final | 10%         | \$12.440.000         |
| <b>Total general</b>     |                                                                         | <b>100%</b> | <b>\$124.400.000</b> |

Fuente: Elaboración Propia

**d. Estructura de Desagregación de Costos CBS.**

La Estructura de Desagregación de Recursos (EDR) constituye un instrumento clave en la planificación y control del proyecto, ya que permite organizar de forma jerárquica los insumos, capacidades y medios necesarios para garantizar el cumplimiento de los objetivos técnicos y operativos establecidos. A través de esta herramienta se logra una visión integral de

los recursos disponibles, facilitando su asignación estratégica y el seguimiento de su uso durante el ciclo de vida del proyecto.

En el desarrollo de este proyecto, la EDR se estructura en cinco categorías principales: recursos humanos, materiales, financieros, de conocimiento y de apoyo administrativo. Esta clasificación responde a la naturaleza técnica y metodológica del estudio, que requiere personal especializado, herramientas tecnológicas, soporte financiero y acompañamiento institucional.

- **Recursos Humanos:**  
Integran al equipo técnico, administrativo y de campo responsable de la ejecución. Comprenden al director del proyecto, coordinadores de área, profesionales de apoyo y técnicos encargados de la recopilación y análisis de datos. Su participación es determinante para asegurar la calidad técnica de los entregables.
- **Recursos Materiales:**  
Incluyen los equipos de cómputo, software especializado, materiales de laboratorio, papelería técnica, instrumentos de medición y todos los elementos requeridos para las fases de diagnóstico, levantamiento de información y diseño de la guía.
- **Recursos Financieros:**  
Corresponden al presupuesto total asignado al proyecto (\$124.400.000), distribuido proporcionalmente entre las tres fases operativas: diagnóstico (33,12%), comparación de casos (26,45%) y diseño de guía (40,43%). Esta asignación garantiza la sostenibilidad económica de las actividades y el cumplimiento de los hitos establecidos.
- **Recursos de Conocimiento:**  
Comprenden la información técnica, normativa y documental utilizada en la investigación, tales como guías de gestión, manuales metodológicos, normas nacionales e internacionales, talleres de validación y documentación de procesos. Estos recursos fortalecen la base teórica y metodológica del proyecto.
- **Recursos de Apoyo Administrativo:**  
Agrupan los servicios institucionales de gestión financiera, compras, contabilidad y logística, así como el acompañamiento académico y técnico necesario para el control de avances, informes y cumplimiento de requisitos normativos.

Tabla 46

*Estructura de Desagregación de Costos CBS*

| Nivel | Categoría de Recurso             | Descripción / Subcomponente                                                            | Responsable              |
|-------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1     | Recursos Humanos                 | Director del proyecto, coordinador técnico, profesionales de apoyo y personal de campo | Dirección del Proyecto   |
| 2     | Recursos Materiales              | Equipos de cómputo, software de análisis, materiales técnicos y herramientas de campo  | Coordinación Técnica     |
| 3     | Recursos Financieros             | Presupuesto total del proyecto y sus partidas distribuidas por fases                   | Dirección Administrativa |
| 4     | Recursos de Conocimiento         | Manuales, guías metodológicas, talleres, documentación técnica y normativa             | Equipo Técnico           |
| 5     | Recursos de Apoyo Administrativo | Servicios de gestión financiera, compras, contabilidad y soporte logístico             | Área Administrativa      |

Fuente: Elaboración Propia

**e. Indicadores de Medición de Desempeño**

A continuación, se exponen los indicadores clave de desempeño del proyecto, extraídos a través de la metodología de Valor Ganado. Estos indicadores facilitan la evaluación del progreso físico y financiero del proyecto en relación con lo previsto, el valor efectivamente realizado y los gastos generados. Los valores obtenidos abarcan el presupuesto total (BAC), el valor programado (PV), el valor logrado (EV), el costo real (AC), además de los índices de rendimiento de costos (CPI) y de tiempo (SPI), que ofrecen una perspectiva completa de la situación actual del proyecto

Tabla 47 *Indicadores de medición de desempeño**Indicadores de medición de desempeño*

| Indicador/cariación/índice                                  | Valor (CPO)    |
|-------------------------------------------------------------|----------------|
| BAC - Budget at Completion - Presupuesto al Terminar        | \$ 124.400.000 |
| PV - Planned Value - Valor Planificado                      | \$127.000.000  |
| EV - Earned Value - Valor Ganado                            | \$125.730.000  |
| AC - Actual Cost - Costo Real                               | \$127.000.000  |
| CPI - Cost Performance Index - Índice de Desempeño de Costo | 0,9903 (0,99)  |

---

|                                      |               |
|--------------------------------------|---------------|
| SPI - Schedule Performance Index     |               |
| - Índice de Desempeño del Cronograma | 0,9903 (0,99) |

---

Fuente: Elaboración Propia

#### **f. Aplicación Técnica del Valor Ganado con Curvas S Avance**

La valoración de ejecución del proyecto mediante la revisión de la curva «S» representa una herramienta analítica esencial para evaluar el desempeño financiero y temporal de los proyectos. La metodología del Valor Ganado (EVM, por sus siglas en inglés) permite integrar el alcance, el costo y el tiempo en un sistema unificado de medición, ofreciendo una visión precisa del progreso real frente a lo planificado. A través del uso de curvas S, se logra visualizar de manera dinámica la relación entre el presupuesto autorizado, el valor del trabajo ejecutado y los costos incurridos, facilitando la detección temprana de desviaciones y la toma de decisiones correctivas oportunas. Esta aplicación técnica fortalece la gestión predictiva, al permitir proyectar tendencias de desempeño (CPI, SPI) y estimar con mayor exactitud el costo final del proyecto (EAC). En el contexto de obras civiles hidráulicas, su uso se traduce en una mejor coordinación entre la planeación financiera y la ejecución en campo, optimizando recursos y asegurando la viabilidad económica de las actividades críticas. Además, al combinar el análisis cuantitativo con la retroalimentación técnica y administrativa, la herramienta consolida un sistema de control que impulsa la eficiencia, la transparencia y la rendición de cuentas dentro del ciclo de vida del proyecto.

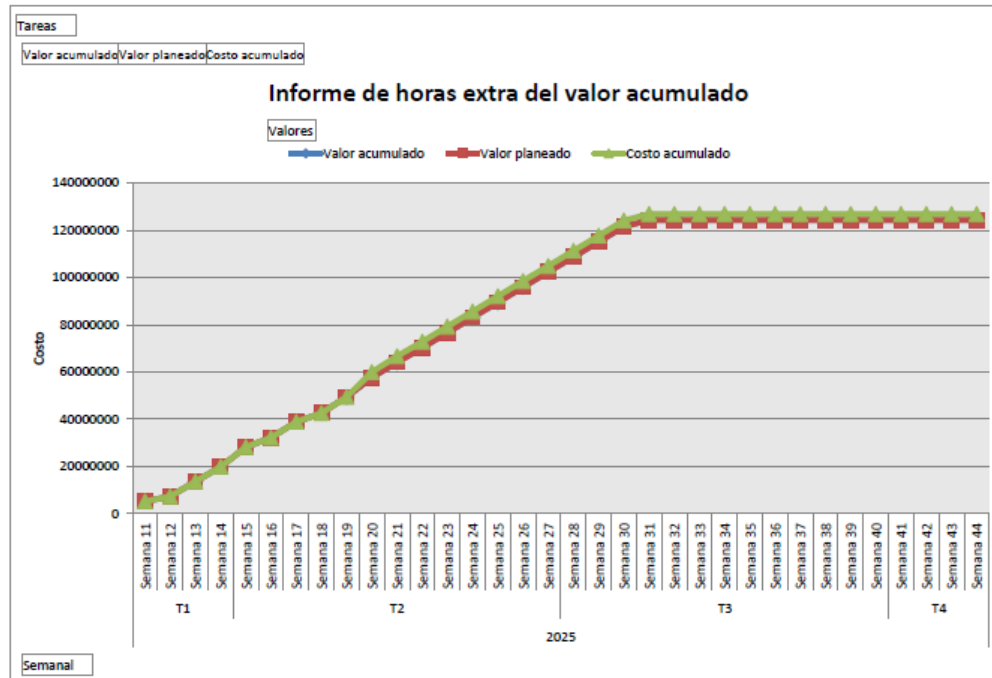


Figura 37 Informe de horas Extra del valor Acumulado 1  
Fuente: Generación informes Project

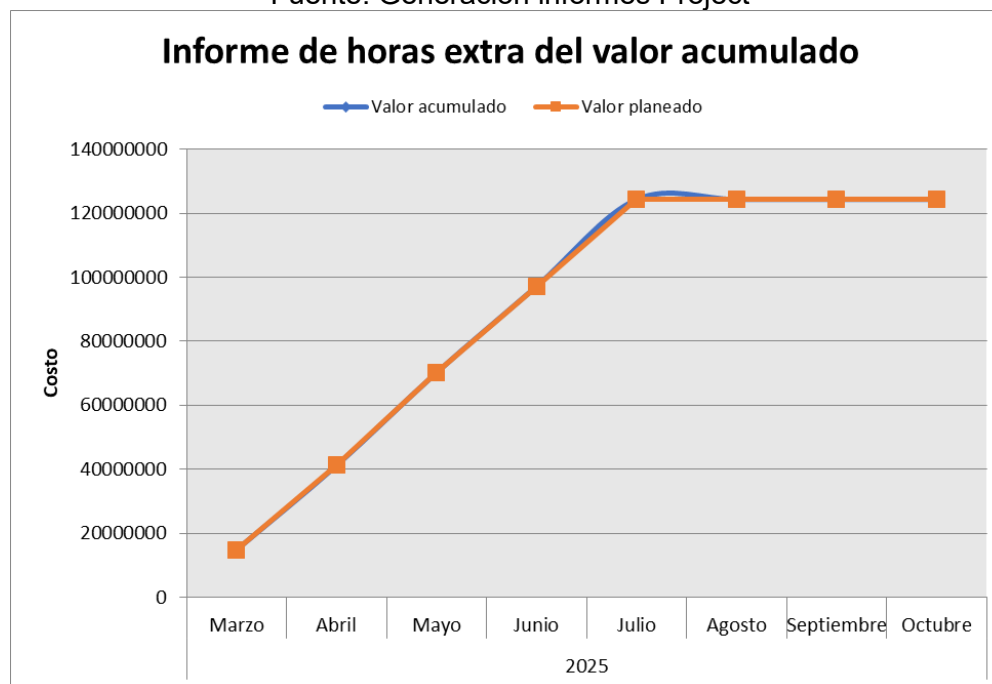


Figura 38 Informe de horas Extra del valor Acumulado 2  
Fuente: Generación informes Project

El análisis ejecutivo del comportamiento de la Curva S revela una historia de proyecto con dos fases marcadamente distintas que culminan en un éxito sobresaliente. Inicialmente, durante las Semanas 1 a 7, el proyecto experimentó un retraso en el cronograma, evidenciado por el Valor Ganado (EV) situándose consistentemente por debajo del Valor Planificado (PV).

Sin embargo, en esta fase, el proyecto ya mostraba una gestión de costos eficiente, ya que el Costo Real (AC) se mantuvo por debajo del EV, indicando que el trabajo que se logró completar se hizo a un costo inferior al presupuestado. Este retraso inicial pudo ser provocado por problemas en la movilización de recursos, cuellos de botella en la aprobación de diseños o demoras en la cadena de suministro. La reacción del equipo alrededor de la Semana 8 es el elemento más decisivo: el proyecto logra una aceleración dramática, revirtiendo completamente la tendencia, con el EV disparándose y superando holgadamente tanto al PV como al AC. Este cambio radical sugiere la implementación exitosa de una estrategia de compresión, como fast-tracking o la inyección eficiente de recursos (materiales o personal técnico especializado). La ventaja clave de este desempeño final es la eficiencia excepcional (EV muy por encima de AC), lo que implica que el equipo ejecutó el trabajo a un costo significativamente menor de lo anticipado, posiblemente gracias a la obtención de mejores precios contractuales, una alta productividad laboral o la minimización de reprocesos. El proyecto demostró una capacidad de recuperación y ejecución superior, culminando adelantado en el cronograma y con un ahorro de costos sustancial respecto al presupuesto original, transformando un inicio lento en un buen resultado.

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 17 Aplicación técnica del valor ganado con curvas S avance

### **3.2.6 Plan de Gestión de Calidad**

#### **a. Especificaciones Técnicas de Requerimientos**

El Plan de Gestión de Calidad constituye un eje fundamental para garantizar que los procesos técnicos, administrativos y de control se desarrollen bajo criterios de excelencia y coherencia metodológica. Este componente del proyecto articula los requerimientos técnicos, humanos y ambientales necesarios para asegurar la integridad del producto final, destacando la importancia de las competencias profesionales, la experiencia técnica y la capacidad de liderazgo de los equipos multidisciplinarios involucrados. Los roles definidos, desde la dirección del proyecto hasta la interventoría de calidad, configuran un sistema de responsabilidades claramente delimitado que facilita la trazabilidad de los resultados. La infraestructura tecnológica y los recursos de seguimiento, tales como listas de verificación y formatos de

auditoría en el marco del ciclo PHVA, garantizan la objetividad en la medición del desempeño y el cumplimiento de los estándares establecidos. Asimismo, la formación continua, la supervisión directa y las sesiones de retroalimentación refuerzan la cultura de calidad y aprendizaje organizacional, promoviendo la mejora continua y la eficiencia operativa. El plan es una herramienta estratégica que traduce la visión institucional en prácticas sostenibles y verificables, asegurando la credibilidad, transparencia y efectividad en la ejecución del proyecto.

Tabla 48

*Especificaciones técnicas de requerimientos*

| RECURSOS               | REQUERIMIENTO                                                                                                 | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PERSONAS</b>        | ¿QUÉ HABILIDADES O COMPETENCIAS NECESITA EL PERSONAL IMPLICADO?<br>¿QUÉ ROLES, RESPONSABILIDAD Y AUTORIDADES? | Conocimiento Técnico en Ingeniería Civil Hidráulica<br>Experiencia en Gestión de Proyectos y Programación de Obras<br>Competencia Metodológica en Gestión de la Calidad<br>Capacidad de Redacción Técnica y Comunicación Efectiva<br>Trabajo Colaborativo y Liderazgo en Equipos Multidisciplinarios<br><br>Director del Proyecto<br>Equipo Técnico - Ingenieros Civiles<br>Especialista en Gestión de Calidad<br>Grupo Externo de Calidad<br>Interventoría o Auditor de Calidad |
| <b>INFRAESTRUCTURA</b> | ¿NECESITAS EQUIPOS, HERRAMIENTAS, SOFTWARE O INSTALACIONES ESPECÍFICAS?                                       | Equipos de Cómputo.<br>Impresoras. Scans                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>AMBIENTE</b>        | ¿HAY CONDICIONES AMBIENTALES NECESARIAS (EJ: ¿LIMPIEZA EN UN PROCESO)?                                        | Las condiciones ambientales se consideran fundamentales para el desarrollo creativo y consultivo en la construcción de las condiciones y requerimientos del proceso de                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                                           |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                           |                                                                                                                                                                                                                                            | elaboración de la guía de buenas prácticas para cronograma de obras civiles. La ejecución de los procesos requiere de revisión en tiempo real en cada proceso de planeación y ejecución. Esto otorga un rigor administrativo orientado al éxito de la implementación de la guía.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>RECURSOS DE SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN</b> | ¿QUÉ INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS USARÁS PARA MEDIR O INSPECCIONAR (EJ: SOFTWARE DE PRUEBAS, CALIBRADOR, ¿CHECKLIST)?                                                                                                                       | Formatos de listas de verificación y formatos que hacen parte del plan de auditoría en la etapa de verificación del ciclo PHVA que logren medir el avance porcentual de cada actividad.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>CONOCIMIENTOS</b>                      | ¿SE REQUIERE ALGÚN CONOCIMIENTO ESPECÍFICO? DESCRIBA BREVEMENTE CÓMO ASEGURARÁ QUE LAS PERSONAS INVOLUCRADAS (ROLES DEFINIDOS) TENGAN LAS COMPETENCIAS NECESARIAS Y ENTIENDAN LA IMPORTANCIA DE SU CONTRIBUCIÓN A LA CALIDAD Y A ESTE PLAN | <p>Evaluación Previa de Perfiles Técnicos y Experiencia Relevante: Se evalúa la experiencia general y específica en el desarrollo de proyectos de obra civil mediante los parámetros de términos de referencia de los contratos de obra civil sea de mantenimiento correctivo o preventivo.</p> <p>Inducción Obligatoria al Plan de Gestión de Calidad: Como parte del proceso de alineación estratégica de la organización, se hace preciso los procesos de socialización y evaluación del plan de gestión de calidad.</p> <p>Supervisión Continua por parte del responsable de Calidad: Seguimiento a resultados de calidad con la revisión detallada de los procedimientos</p> <p>Sesiones de Retroalimentación Colectiva, Evaluación de Impacto y procesos de capacitación continuos que garanticen una gestión ideal y con visión alineada a la estrategia de la organización.</p> |

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 18 Especificaciones técnicas de requerimientos

#### **b. Herramientas de Control de la Calidad (Diagrama de Flujo, Diagrama Ishikawa, Hojas de Chequeo)**

El Plan de Gestión de Calidad incorpora herramientas analíticas como el diagrama de flujo y el diagrama de Ishikawa para fortalecer los procesos de control, evaluación y mejora continua. Estas representaciones permiten identificar, organizar y visualizar las causas y efectos asociados a desviaciones de calidad, errores de planificación o deficiencias en la ejecución. El análisis integrado evidencia que la falta de planificación, los retrasos, los sobrecostos y la baja calidad operativa son síntomas recurrentes de una gestión deficiente de la información, de la comunicación interdepartamental y del seguimiento técnico. En este contexto, los diagramas propuestos actúan como instrumentos estratégicos que orientan la toma de decisiones hacia la prevención, la optimización de recursos y la eliminación de causas raíz. A su vez, el enfoque de mejora continua se refuerza mediante la detección de factores críticos como los impactos ambientales, la incompatibilidad entre etapas y las sobreasignaciones, que inciden directamente en la satisfacción del cliente y en el cumplimiento de los objetivos del proyecto. De este modo, la aplicación metodológica de estos diagramas contribuye no solo a la mitigación de riesgos, sino también al fortalecimiento de la cultura organizacional de calidad, consolidando una base técnica y operativa sólida para el desarrollo de proyectos de infraestructura sostenibles y eficientes.

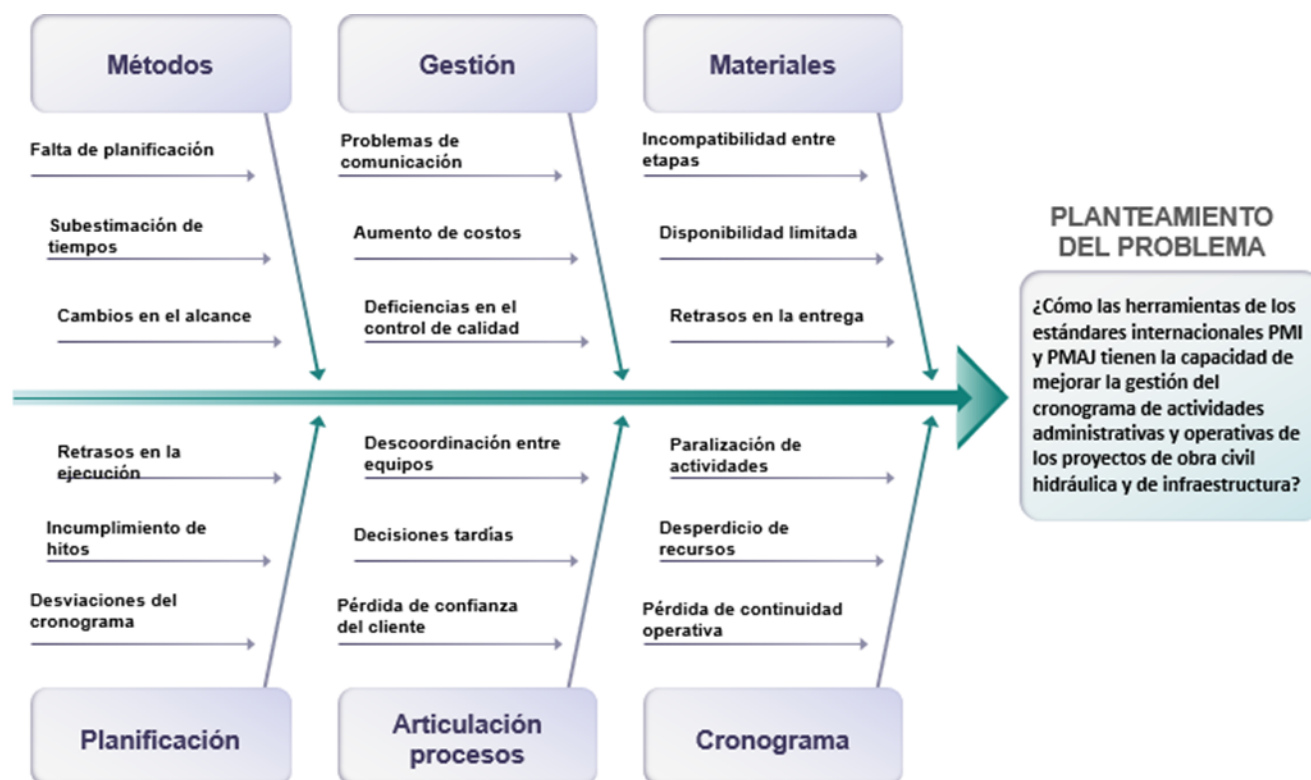


Figura 39 Diagrama Ishikawa

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 19 Herramientas de control de la calidad Diagrama Ishikawa

### c. Formato Inspecciones

El Formato de Inspecciones como una herramienta metodológica para asegurar la trazabilidad, la conformidad y la mejora continua de los procesos. Este formato organiza las actividades de control en fases que permiten identificar causas de incumplimiento, comparar casos, validar resultados y diseñar lineamientos replicables en futuras ejecuciones. Cada paquete de trabajo (EDT) incorpora la normatividad vigente, los estándares de calidad aplicables y las especificaciones técnicas que orientan la supervisión y el aseguramiento de la calidad.

En la Fase 1, se establecen los fundamentos de control con enfoque preventivo, abordando aspectos como la interacción con entes de control, la gestión documental, la comunicación estructurada, la satisfacción del cliente y el cumplimiento ambiental, bajo referentes normativos como las ISO 9001, 14001 y 19011. La Fase 2 refuerza el análisis comparativo y la validación técnica mediante la aplicación de metodologías de gestión del

riesgo y mejora continua, apoyadas en herramientas como el diagrama de Ishikawa, el análisis de causas raíz y la medición de indicadores de desempeño. Finalmente, la Fase 3 consolida la estandarización y documentación de buenas prácticas, asegurando que los resultados del proyecto trasciendan como referencia técnica y metodológica para futuras obras civiles. Este enfoque integral garantiza no solo el cumplimiento regulatorio, sino también la creación de valor organizacional a través de la calidad, la transparencia y la eficiencia operativa.

Tabla 49

*Formato Inspecciones con base en las actividades*

| PAQUETE DE TRABAJO (EDT) / PROCESO          | NORMATIVIDAD, REGLAMENTACIÓN                                                                        | ESTÁNDAR DE CALIDAD APLICABLE                                                          | ESPECIFICACIONES                                                                                   |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FASE 1 IDENTIFICAR CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO |                                                                                                     |                                                                                        |                                                                                                    |
| PAQ. 1 ENTES DE CONTROL                     | - Ley 1474 de 2011 (Anticorrupción)- Ley 850 de 2003 (Veedurías)- NTC ISO 19011 (auditoría interna) | - PMI: Gestión de stakeholders, integración- PMAJ: Gobernanza, conformidad regulatoria | - Auditorías documentadas, actas formales- Interacción con entes externos trazable y conforme      |
| PAQ. 2 RECORD DE NOVEDADES                  | - ISO 9001:2015- NTC 5667 (Gestión documental)- Archivo General de la Nación                        | - PMI: Gestión del conocimiento- PMAJ: Continuidad y documentación del valor generado  | - Control de cambios y novedades cronológico- Codificación uniforme de eventos                     |
| PAQ. 3 COMUNICACIONES                       | - Ley 1712 de 2014 (Transparencia)- Decreto 1078/2015- ISO 10006                                    | - PMI: Plan de gestión de comunicaciones- PMAJ: Flujo estructurado de información      | - Matriz RACI, cronograma de comunicaciones- Múltiples canales formales, accesibles y verificables |
| PAQ. 4 SATISFACCIÓN                         | - ISO 10004:2018 (Satisfacción del cliente)- Decreto 1082 de 2015 (contratación pública)            | - PMI: Gestión de calidad y stakeholders- PMAJ: Valor del cliente, voz del usuario     | - Encuestas con indicadores de percepción- Criterios de éxito definidos con partes interesadas     |
| PAQ.5 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES           | - Ley 99 de 1993- Decreto 1076 de 2015- ISO 14001:2015                                              | - PMI: Gestión de riesgos, sostenibilidad- PMAJ: Enfoque sistémico ambiental           | - Matriz de impacto ambiental- Medidas de mitigación y seguimiento continuo                        |

| FASE 2 - COMPARACIÓN DE CASOS                 |                                                                                                |                                                                                          |                                                                                                            |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PAQ. 6 INFORMES                               | - ISO 21500 / 29110- Normas ICONTEC para informes- Manuales de interventoría (INVIAS, ANI)     | - PMI: Seguimiento, control y desempeño- PMAJ: Retroalimentación de resultados e impacto | - Estructura normalizada (objetivos, resultados, análisis)- Gráficos de desempeño y análisis de tendencias |
| PAQ. 7 DENOMINADORES                          | - ISO 31000 (Gestión de riesgos)- Guía DNP (Marco lógico de proyectos)- NTC 5254 (indicadores) | - PMI: Identificación de causas raíz, riesgos- PMAJ: Obstáculos a la innovación          | - Uso de herramientas como Ishikawa, 5 porqués- Identificación de patrones comunes y su impacto            |
| PAQ. 8 VALIDACIONES                           | - ISO 19011:2018- Ley 872 de 2003 (calidad en el sector público)                               | - PMI: Validación de entregables- PMAJ: Confirmación del valor entregado                 | - Validación cruzada (interventoría, veeduría)- Contraste entre lo planeado y lo ejecutado                 |
| PAQ. 9 POSIBLES MEJORAS                       | - ISO 9001:2015 (Mejora continua)- PMG (Programa de Mejor Gestión Pública – Colombia)          | - PMI: Lecciones aprendidas, PHVA- PMAJ: Kaizen aplicado a proyectos                     | - Plan de acción con responsables- Recomendaciones basadas en datos y no en percepción                     |
| PAQ. 10 INFORME FINAL                         | - NTC ISO/IEC 29110- Manual general de supervisión/contratación                                | - PMI: Cierre del proyecto- PMAJ: Evaluación del éxito y beneficios estratégicos         | - Documentación consolidada técnica y administrativa- Lecciones aprendidas y aprobación de cierre          |
| FASE 3 - DISEÑO DE GUIA                       |                                                                                                |                                                                                          |                                                                                                            |
| PAQ. TRABAJO 9 – SELECCIONAR BUENAS PRACTICAS | - ISO 21502:2020- NTC 5254 (Estandarización de procesos)                                       | - PMI: Gestión del conocimiento- PMAJ: Documentación de innovación y replicabilidad      | - Estructura por secciones funcionales- Recomendaciones prácticas adaptables a otros proyectos             |
| PAQ. TRABAJO 10 - SIMILITUDES PMBOK           | - ISO 21502:2020- NTC 5254 (Estandarización de procesos)                                       | - PMI: Gestión del conocimiento- PMAJ: Documentación de innovación y replicabilidad      | - Estructura por secciones funcionales- Recomendaciones prácticas adaptables a otros proyectos             |
| PAQ. TRABAJO 11 - DESARROLLO DE GUIA FINAL    | - ISO 21502:2020- NTC 5254 (Estandarización de procesos)                                       | - PMI: Gestión del conocimiento- PMAJ: Documentación de innovación y replicabilidad      | - Estructura por secciones funcionales- Recomendaciones prácticas adaptables a otros proyectos             |

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso

 Anexo 20 Formato Inspecciones con base en las actividades

#### **d. Formato Auditorias**

La presente introducción conecta de manera directa los hallazgos del formato de auditorías con las acciones operativas y de control requeridas para garantizar resultados medibles.

En el documento se identifican factores de calidad clave —diagnóstico institucional, diseño organizacional, gestión por procesos y gestión de recursos físicos— que constituyen el eje para priorizar intervenciones.

Los objetivos de calidad propuestos buscan cerrar brechas de gestión mediante indicadores cuantificables y fuentes de información trazables, desde informes diagnósticos hasta tableros de control.

Se establecen metas exigentes y realistas: cobertura de diagnóstico  $\geq 95\%$ , rediseño efectivo de procesos  $\geq 80\%$ , seguimiento de procesos clave  $\geq 90\%$  y satisfacción interna  $\geq 85\%$ . Estos porcentajes permiten articular planes de mejora con ciclos de medición claros (trimestral o semestral) y responsabilidades asignadas, condición indispensable para la sostenibilidad del cronograma.

La introducción recoge la necesidad de integrar la gestión de la calidad con la programación y el control del tiempo, de modo que las actividades críticas se ajusten a criterios técnicos y de productividad.

Se enfatiza la importancia de procedimientos estandarizados y de un catálogo de indicadores que facilite la monitorización continua y la toma de decisiones basada en evidencia.

Asimismo, se sugiere que la consolidación de la información provenga de fuentes múltiples: encuestas, entrevistas, comités técnicos y sistemas de gestión.

El enfoque propuesto prioriza procesos con impacto directo en la ejecución y en la optimización del cronograma, y define responsables claros para medición y análisis.

La metodología implícita promueve ciclos de mejora corta —medición, análisis, ajuste— compatibles con la naturaleza dinámica de obras hidráulicas e infraestructura.

Se destaca la necesidad de combinar herramientas cuantitativas (KPIs, tableros) con valoraciones cualitativas (diagnósticos institucionales) para interpretar causas raíz.

De este modo, el plan de calidad no es un anexo burocrático, sino un mecanismo operativo que reduce variaciones de tiempo y costos en actividades críticas.

Finalmente, la introducción propone que los resultados del capítulo alimenten un plan de acción con prioridades, recursos asignados y cronogramas de control, garantizando que la optimización del programa de obra sea verificable y reproducible.

Tabla 50

### Auditorías

| Factor de Calidad Relevante                  | Objetivo de Calidad                             | Indicador (Método de medición)                                              | KPI (Indicador Clave de Desempeño)                                                                  | Fuente de Información                                  | Meta                                           | Frecuencia de Medición | Responsable de Medición y de Análisis                   |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Diagnóstico Institucional y Entorno</b>   | Entender los antecedentes y la situación actual | % de áreas con diagnóstico completo                                         | Porcentaje de cobertura de diagnóstico institucional                                                | Informe diagnóstico / Encuestas / Entrevistas          | ≥ 95% de áreas clave evaluadas                 | Trimestral             | Dirección de Planeación Estratégica / Auditoría Interna |
| <b>Diseño Organizacional y Productividad</b> | Establecer lo necesario                         | Nº de procesos críticos rediseñados / Total procesos críticos identificados | Índice de rediseño efectivo = Nº de procesos rediseñados / procesos identificados como prioritarios | Informes técnicos / Comités de rediseño                | ≥ 80% de procesos críticos rediseñados         | Semestral              | Coordinador Administrativo / Consultor de Gestión       |
| <b>Gestión por Procesos</b>                  | Trabajar por Procesos                           | % de procesos institucionales con indicadores activos y reportados          | Cobertura de procesos gestionados por indicadores = Nº de procesos con KPIs / Total procesos clave  | Sistema de Gestión de Calidad / Tablero de Control     | ≥ 90% de procesos clave con seguimiento activo | Trimestral             | Líder de Calidad / Líder de Procesos                    |
| <b>Recursos Físicos y Servicios Internos</b> | Gestionar Recursos físicos y servicios internos | Índice de satisfacción del usuario interno (encuesta)                       | Nivel de satisfacción de usuarios internos                                                          | Encuestas de satisfacción / PQRS / Reportes logísticos | ≥ 85% satisfacción interna                     | Trimestral             | Jefatura de Recursos Físicos / Servicios Generales      |

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 21 Auditorías

## • Riesgos y Oportunidades Relacionados con la Calidad

El Formato de Riesgos y Oportunidades relacionados con la Calidad del Plan de Gestión de Calidad para el proyecto “Guía de Buenas Prácticas en la Ejecución y Optimización del Cronograma de Actividades en Proyectos de Obras Civiles Hidráulicas y de Infraestructura” constituye una herramienta fundamental para anticipar y gestionar de forma integral los eventos que puedan impactar la calidad, los costos y los tiempos de ejecución. En este análisis se integran tanto las amenazas como las oportunidades que inciden en el desempeño técnico y administrativo, con el fin de fortalecer la eficiencia operativa y la toma de decisiones estratégicas. La identificación de riesgos técnicos, externos y de gestión permite establecer un marco de respuesta proactivo, sustentado en estrategias diferenciadas como evitar, mitigar, compartir o aprovechar, según la naturaleza del riesgo. La inclusión de medidas como la ingeniería de valor, el uso de metodología BIM, la diversificación de proveedores o la validación técnica del cronograma refleja una gestión madura y orientada a la mejora continua. Cada riesgo posee un responsable y una frecuencia de monitoreo definida, garantizando trazabilidad y control oportuno. Este enfoque no solo protege la integridad del cronograma y los recursos, sino que también fomenta la innovación, la transparencia contractual y la calidad técnica del producto final. En síntesis, el capítulo articula la gestión de la calidad con la gestión de riesgos como un sistema dinámico que promueve la sostenibilidad del proyecto y la generación de valor en cada fase de su desarrollo

Tabla 51

### *Riesgos y Oportunidades relacionados con la Calidad*

| ID RIESGO | DESCRIPCIÓN DEL RIESGO                                 | TIPO DE RIESGO | CATEGORÍA      | PROBABILIDAD   | IMPACTO  | NIVEL DE RIESGO  | ESTRATEGIA | PLAN DE RESPUESTA O PLAN DE ACCIÓN                                          | RESPONSABLE                  | Frecuencia de Monitoreo | Periodicidad                               | Justificación                               |
|-----------|--------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------|------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| ID 35     | Optimización en el diseño técnico durante la ejecución | Oportunidades  | Riesgo Técnico | POSIBLE (BAJA) | MODERADO | Riesgo Tolerable | COMPARTIR  | REDISEÑAR CON AVALES TÉCNICOS Y ADMINISTRATIVOS - INGENIERÍA DE VALOR Y BIM | EQUIPO DE ESTUDIOS Y DISEÑOS | Quincenal               | Control deficiente de costos y presupuesto | Desviaciones presupuestales significativas. |

|              |                                                             |               |                                |                   |         |                  |           |                                                                                                                         |                             |         |                                                                               |                                                                   |
|--------------|-------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------|-------------------|---------|------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>ID 36</b> | Disponibilidad anticipada de materiales o recursos técnicos | Oportunidades | Riesgo Técnico                 | OCASIONAL (MEDIA) | MENOR   | Riesgo Tolerable | COMPARTIR | REUBICAR Y ADELANTAR TAREAS COMPATIBLES - PLAN DE ADQUISICIONES LOGICO                                                  | JEFE DE COMPRAS Y LOGISTICA | Semanal | Falta de control de calidad                                                   | Productos o entregables que no cumplen estándares.                |
| <b>ID 3</b>  | Errores en la construcción o ejecución                      | Amenaza       | Riesgo Técnico                 | MODERADO (ALTA)   | CRÍTICO | Riesgo Extremo   | EVITAR    | DETENER Y CORREGIR DE INMEDIATO - CONTROL DE CALIDAD Y SUPERVISION CONTINUA                                             | DIRECTOR OBRA               | Semanal | Durante la fase de ejecución, en reuniones de avance o inspecciones en sitio. | La detección temprana de errores minimiza costos de correcciones. |
| <b>ID 22</b> | Interrupciones en la cadena de suministro                   | Amenaza       | Riesgo Externo                 | OCASIONAL (MEDIA) | CRÍTICO | Riesgo Alto      | MITIGAR   | TENER 2 O 3 OPCIONES EN BASE DE DATOS DE PROVEEDORES ALTERNOS - DIVERSIFICACION Y NEGOCIACION CLARA CON LOS PROVEEDORES | GERENTE DE COMPRAS          | Semanal | Similares a problemas de suministro, con énfasis en eventos imprevistos.      | La rápida respuesta evita impactos en el cronograma.              |
| <b>ID 25</b> | Planificación inadecuada del proyecto                       | Amenaza       | Riesgo de gestión del proyecto | OCASIONAL (MEDIA) | CRÍTICO | Riesgo Alto      | MITIGAR   | REDEFINIR PRIORIZACIONES - VALIDACION TECNICA Y HOLGURA MINIMA EN EL CRONOGRAMA                                         | PM                          | Mensual | Durante la fase de planificación y ejecución inicial.                         | Permitir ajustes antes de que los errores escaleen.               |

|              |                                               |         |                                |                   |         |             |         |                                                             |            |         |                                                         |                                                  |
|--------------|-----------------------------------------------|---------|--------------------------------|-------------------|---------|-------------|---------|-------------------------------------------------------------|------------|---------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>ID 28</b> | Gestión inadecuada de contratos y proveedores | Amenaza | Riesgo de gestión del proyecto | OCASIONAL (MEDIA) | CRÍTICO | Riesgo Alto | MITIGAR | APLICAR SANCIONES Y RENEGOCIAR - REVISIÓN LEGAL KPIS CLAROS | DPTO LEGAL | Mensual | En revisiones de contratos o auditorías de proveedores. | Asegurar cumplimiento de términos y condiciones. |
|--------------|-----------------------------------------------|---------|--------------------------------|-------------------|---------|-------------|---------|-------------------------------------------------------------|------------|---------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 22 Riesgos y Oportunidades relacionados con la Calidad

### • Aseguramiento de la Calidad

El Aseguramiento de la Calidad constituye la columna vertebral que garantiza la confiabilidad técnica y la coherencia metodológica de los resultados obtenidos. Este apartado consolida un sistema de control basado en siete cuentas de control (CTA CTRL), que estructuran la verificación, validación y mejora continua de los procesos. Desde la auditoría documental y el seguimiento a riesgos críticos, hasta la comparación de métricas de desempeño y la evaluación de diagnósticos de campo, cada acción busca fortalecer la trazabilidad de la información y la eficacia del cronograma de ejecución. El aseguramiento se apoya en la aplicación cruzada de estándares internacionales —como el PMBOK 7 y el P2M—, integrando buenas prácticas de planificación, control y gestión de presupuesto que sustentan la guía final. La participación de comités técnicos, la revisión por pares especializados y la validación en ingeniería civil aseguran que los productos entregables cumplan con criterios verificables de calidad y aplicabilidad. En conjunto, este esquema de aseguramiento no solo evalúa el cumplimiento formal, sino que impulsa una cultura de mejora continua, transparencia técnica y aprendizaje organizacional, garantizando que la guía se constituya en una referencia sólida para la optimización de proyectos de infraestructura hidráulica y civil.

Tabla 52

#### *Aseguramiento de la Calidad*

| CUENTA DE CONTROL (CTA CTRL) | DESCRIPCIÓN | ACTIVIDAD DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD |
|------------------------------|-------------|---------------------------------------|
|------------------------------|-------------|---------------------------------------|

|                                                    |                                                                                                                   |                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CTA CTRL 1 – Auditoría</b>                      | Recolección y análisis de información de dependencias y registros de novedades.                                   | Auditoría documental semanal sobre la calidad de la información técnica y cumplimiento de cronogramas.                                  |
| <b>CTA CTRL 2 – Riesgos</b>                        | Identificación y seguimiento a riesgos críticos y posibles riesgos residuales de procesos controlados             | Verificación técnica de las matrices de riesgo y revisión de consistencia en la cuantificación y seguimiento de casos.                  |
| <b>CTA CTRL 3 – Seguimiento</b>                    | Comparación de casos: tiempo, costo y causas de retrasos o sobrecostos.                                           | Validación cruzada de informes mediante revisión de métricas y gráficos comparativos en reuniones técnicas.                             |
| <b>CTA CTRL 4 – Diagnóstico</b>                    | Diagnóstico de información obtenida en campo y planteamiento de posibles procesos de mejora continua.             | Supervisión directa de aplicabilidad en los procesos estandarizados con metodología de validación técnica.                              |
| <b>CTA CTRL 5 – Estandarización (PMBOK)</b>        | Selección y adaptación de buenas prácticas de gestión de cronograma y presupuesto para sustento final de la guía. | Comité técnico de revisión y validación de contenido de la guía final antes de su aprobación y publicación.                             |
| <b>CTA CTRL 6 – Estandarización (P2M)</b>          | Selección y adaptación de buenas prácticas de gestión de cronograma y presupuesto para sustento final de la guía. | Validación y comparación con estándares PMBOK para asegurar coherencia y aplicabilidad a la buena gestión del cronograma y presupuesto. |
| <b>CTA CTRL 7 – Aplicación en Ingeniería Civil</b> | Desarrollo de la guía final de implementación de buenas prácticas.                                                | Revisión experta en ingeniería civil, validación por parte de pares técnicos y prueba piloto del documento.                             |

Fuente: Elaboración Propia

#### e. Listas de Verificación de los Entregables (Producto/Servicio)

El componente constituye un eje esencial para garantizar la conformidad técnica, documental y metodológica de los resultados. Este apartado establece la aplicación sistemática de normativas internacionales como el PMBOK 7ª edición, el estándar japonés P2M y las Normas APA 7ª edición (2019), las cuales aportan criterios robustos para la gestión integral de la calidad y la validación de entregables. El enfoque del PMBOK 7 asegura la adopción de buenas prácticas en dirección de proyectos, definiendo los requisitos de calidad desde etapas tempranas y aplicando herramientas analíticas como el diagrama de Ishikawa, el muestreo estadístico y los gráficos de control. Por su parte, el modelo P2M amplía la visión hacia la calidad de las decisiones estratégicas, la sostenibilidad y la capacidad de innovación, garantizando que la gestión técnica esté alineada con los objetivos organizacionales. La incorporación del estilo APA fortalece la transparencia, trazabilidad y replicabilidad de los informes, facilitando la validación por pares y la comprensión técnica. En conjunto, las tasas de

verificación de los entregables representan un marco de aseguramiento integral, donde la calidad se convierte en un principio transversal que respalda la credibilidad de los resultados y la eficacia del cronograma de ejecución.

Tabla 53

*Listas de verificación de los entregables (producto / servicio)*

| ENTREGABLE                                                                                                                                                          | NORMATIVIDAD, REGLAMENTACIÓN Y/O ESTÁNDAR DE CALIDAD APLICABLE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DETALLADAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre de la Guía: Civil OptimaPRO - GUÍA DE BUENAS PRÁCTICA EN LA EJECUCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES EN PROYECTOS DE OBRAS CIVILES HIDRÁULICAS | <p>GUIA DE DIRECCIÓN DE PROYECTOS PMBOK 6ta edición. Garantiza que la organización adopte las buenas prácticas de dirección de proyectos del PMBOK en su sexta edición durante el desarrollo del entregable. A Guidebook of Project &amp; Program Management for Enterprise Innovation Volume I - Volume II - P2M - Representative Author: Prof. Shigenobu Ohara</p> <p>Normas APA – 7ma (séptima) edición 2019</p> | <p>GUIA DE DIRECCIÓN DE PROYECTOS PMBOK 6ta edición</p> <p>Define los requisitos de calidad del producto y del proyecto desde las fases iniciales.</p> <p>Introduce herramientas como análisis costo-beneficio, muestreo estadístico, y diagramas de causa-efecto (Ishikawa) para identificar posibles defectos o riesgos</p> <p>Fomenta la mejora continua durante la ejecución del proyecto</p> <p>Establece mecanismos de control estadístico del proceso, uso de gráficos de control, inspecciones y pruebas que permiten verificar si los entregables cumplen con los criterios de aceptación definidos.</p> <p>P2M</p> <p>Integra la gestión de la calidad no solo en los entregables técnicos, sino también en la calidad de las decisiones estratégicas.</p> <p>Establece criterios claros para evaluar la calidad de la innovación: relevancia, viabilidad, escalabilidad y sostenibilidad.</p> <p>Permite medir el impacto de la calidad en la capacidad de la</p> |

---

organización para generar valor mediante la innovación

APA

Mejorar la claridad, legibilidad y comprensión de los contenidos, Facilitar la revisión por pares interna o externa, Asegurar la transparencia y replicabilidad de estudios o análisis realizados durante el proyecto, Integrar conocimiento relevante de forma consistente en informes técnicos, planes de proyecto o análisis de contexto

---

Fuente: Elaboración Propia

- **Entregables y Procesos Sujetos a Revisión de Calidad: Matriz de Actividades de Calidad**

El apartado “Entregables y procesos sujetos a revisión de calidad: matriz de actividades de calidad” del Plan de Gestión de Calidad del proyecto presenta una estructura técnica que consolida la relación entre los productos generados y los mecanismos de control que garantizan su conformidad con los estándares definidos. Este componente articula los entregables claves con los procesos de auditoría, gestión de riesgos, seguimiento, diagnóstico y estandarización, estableciendo así un marco de trazabilidad que asegura la integridad y coherencia del proyecto.

Cada cuenta de control (CTA CTRL 1 a 7) define las actividades específicas de aseguramiento y control, así como los medios de verificación, análisis estadístico y validación técnica que respaldan los resultados. Las revisiones internas, la evaluación cruzada con el cronograma, la clasificación de hallazgos técnicos y la aplicación de buenas prácticas basadas en PMBOK 7 y P2M fortalecen la confiabilidad del proceso. Asimismo, la revisión experta en ingeniería civil y la prueba de aplicabilidad final confirman la pertinencia de los productos entregados. Esta matriz involucra la transparencia y la consistencia documental, además la mejora continua al integrar la evidencia técnica con el control operativo. En conjunto, el apartado refleja una gestión madura, orientada a resultados verificables y al fortalecimiento de la calidad en la ejecución y optimización del cronograma de obras hidráulicas y de infraestructura.

Tabla 54

*Entregables y procesos sujetos a revisión de calidad: matriz de actividades de calidad.*

| ENTREGABLE<br>PROCESO                           | ESPECIFICACIÓN                                                         | ACTIVIDAD DE<br>ASEGURAMIENTO                                                 | ACTIVIDAD DE<br>CONTROL                         |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| CUENTA<br>CONTROL 1<br>AUDITORIA                | Se necesitan incluir hallazgos técnicos clasificados por nivel crítico | Revisión interna y presentación al equipo de control                          | Radicados, respuestas y soporte digital         |
| CUENTA<br>CONTROL 2<br>RIESGOS                  | Registro de casos con valores estimados y responsables                 | Revisión por jurídico- control financiero- seguimiento al presupuesto oficial | Resultados gráficos con interpretación          |
| CUENTA<br>CONTROL 3<br>REVISION<br>SEGUIMIENTOS | Resultados deben tener trazabilidad y coherencia                       | Revisión de consistencia estadística y documental                             | Análisis y consolidación de información         |
| CUENTA<br>CONTROL 4<br>DIAGNOSTICO              | Claridad en actividades prioritarias del proceso                       | Revisión cruzada con cronograma y ruta crítica                                | Identificación de pasos clave                   |
| CUENTA<br>CONTROL 5<br>PMBOK                    | Selección basada en criterios técnicos, aplicabilidad y contexto       | Comité técnico de revisión y aprobación                                       | Seleccionar buenas prácticas (PMBOK)            |
| CUENTA<br>CONTROL 6 P2M                         | Deben estar documentadas y probadas en proyectos reales                | Validación documental, entrevistas a expertos                                 | Seleccionar buenas prácticas (P2M)              |
| CUENTA<br>CONTROL 7<br>APLICACIÓN ING.<br>CIVIL | Documento completo, estructurado y con aplicabilidad práctica          | Revisión de expertos con base en documentos finales                           | Entrega final de la guía para obras hidráulicas |

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.7 Plan de Gestión de Recursos

#### a. Identificación y Adquisición de Recursos

La gestión de recursos en el proyecto de Peña Velandia parte del reconocimiento de los elementos humanos, técnicos, materiales y financieros requeridos para garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos. En concordancia con las buenas prácticas de la Guía del PMBOK 7 (PMI, 2021) y el Project Management Assessment Guide (PMAJ), la identificación de los recursos se realizó de manera sistemática, asegurando su disponibilidad oportuna y su correcta alineación con las fases y actividades establecidas en el plan del proyecto.

Los recursos humanos están conformados por el equipo técnico-administrativo del proyecto, encargado de la planificación, ejecución y control de las actividades. Este equipo incluye a los directores del proyecto, quienes lideran la toma de decisiones estratégicas; y a los profesionales de apoyo, quienes garantizan la articulación entre las áreas académicas, administrativas y financieras involucradas.

En cuanto a los recursos materiales, estos comprenden los equipos, herramientas y materiales requeridos para la ejecución de las actividades de diagnóstico, recolección de información, diseño y evaluación de resultados. Dentro de ellos se destacan los equipos de cómputo, software especializado para análisis y diseño, material impreso, papelería técnica, insumos de campo.

Los recursos financieros fueron definidos con base en el presupuesto proyectado para las fases del estudio, garantizando la cobertura de costos directos e indirectos, tales como personal, materiales, licencias y gastos operativos. Este presupuesto fue estructurado conforme a la línea base de costos y aprobado según los procedimientos internos de la institución.

Por último, la adquisición de recursos se realizó mediante los mecanismos administrativos establecidos por la universidad, asegurando el cumplimiento de criterios técnicos, económicos, administrativos y ambientales. Los procesos de compra y contratación se efectuaron bajo criterios de eficiencia, trazabilidad y sostenibilidad, priorizando proveedores que cumplieran con las políticas de responsabilidad institucional y ambiental.

## **b. Estructura Desagregación de Recursos**

La Estructura de Desagregación de Recursos (EDR) constituye un instrumento clave para la planificación del proyecto, ya que permite organizar de forma jerárquica todos los elementos requeridos para su correcta ejecución. Esta estructura busca garantizar la coherencia entre los objetivos estratégicos, los recursos disponibles y las actividades previstas, asegurando un uso racional y eficiente de los medios asignados en cada fase del desarrollo del proyecto.

La EDR se elabora con base en los principios de la gestión profesional de proyectos, estableciendo una clasificación que agrupa los recursos en cinco categorías esenciales: humanos, materiales, financieros, de conocimiento y de apoyo administrativo. Esta segmentación facilita la trazabilidad, el control y la optimización de los recursos, permitiendo una visión integral de su impacto en el avance técnico, operativo y económico del proyecto.

Tabla 55

*Estructura de Desagregación de Recursos (EDR)*

| Nivel | Categoría de Recurso     | Descripción / Subcomponente                                                                          | Responsable                             |
|-------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1     | Recursos Humanos         | Director del proyecto, coordinador técnico, equipo de apoyo administrativo y asesores especializados | Dirección del Proyecto                  |
| 2     | Recursos Materiales      | Equipos de cómputo, software de análisis y diseño, papelería técnica, materiales de campo            | Coordinación Técnica                    |
| 3     | Recursos Financieros     | Presupuesto asignado, rubros operativos, licencias y servicios                                       | Dirección Administrativa                |
| 4     | Recursos de Conocimiento | Guías metodológicas, talleres, manuales técnicos y documentación de procesos                         | Dirección del Proyecto / Equipo Técnico |

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 23 Estructura de Desagregación de Recursos (EDR)

### c. Definición de Roles, Responsabilidades y Competencias del Equipo

La definición de roles y responsabilidades constituye un elemento esencial dentro de la estructura organizacional del proyecto, ya que permite establecer una cadena de mando clara, asegurar la trazabilidad de las decisiones y optimizar el rendimiento del equipo de trabajo. Este proceso garantiza que cada integrante comprenda sus funciones, los entregables a su cargo y la forma en que sus acciones contribuyen al cumplimiento de los objetivos generales del proyecto.

- **Director del Proyecto:**

Es el responsable de la dirección general, la toma de decisiones estratégicas y el cumplimiento de los objetivos establecidos. Supervisa la planificación, ejecución y control del proyecto, garantizando el cumplimiento de los plazos, la calidad técnica de los resultados y la administración eficiente de los recursos.

- **Coordinador Técnico:**

Encargado de la gestión operativa y técnica del proyecto, supervisa las actividades de campo, la recopilación de información y la validación de resultados.

- **Equipo de Apoyo Administrativo:**

Cumple una función de soporte logístico y documental, asegurando la gestión de

recursos, la organización de la información, la elaboración de actas y reportes, así como el control presupuestal.

- **Asesores Especializados:**

Brindan acompañamiento técnico en temas específicos del proyecto, como diseño hidráulico, gestión ambiental, sostenibilidad o normativa aplicable.

- En conjunto, estos roles conforman una estructura de trabajo colaborativa y funcional, donde la comunicación asertiva, el liderazgo compartido y la coordinación eficiente constituyen pilares fundamentales para el éxito del proyecto

#### d. Matriz de Asignación de Responsabilidades (RACI) a Nivel de Paquete de Trabajo.

En el marco del proyecto, la definición clara de roles y responsabilidades funge como un pilar fundamental para garantizar la eficiencia, trazabilidad y coordinación entre los actores involucrados. La matriz RACI presentada, estructurada a nivel de paquetes de trabajo, permite identificar con precisión quién es responsable, autoriza, consulta, apoya o debe mantenerse informado en cada fase crítica del proyecto. Desde la planificación inicial hasta la entrega final, se observa una distribución funcional que asigna al Director de Proyecto un rol de autoridad estratégica en etapas clave, mientras que el Ingeniero de Proyecto y el Supervisor de Obra asumen responsabilidades operativas directas en la ejecución técnica y el control en campo. Destaca, además, la participación activa del Jefe de Maquinaria en actividades como excavaciones e instalación de infraestructura, lo que refleja una integración efectiva entre gestión y operaciones. Esta claridad en la asignación de funciones no solo minimiza vacíos de responsabilidad, sino que también fortalece la gobernanza del cronograma, facilitando ajustes ágiles y decisiones informadas que impactan directamente en la optimización de tiempos y recursos.

Tabla 56

#### Diagrama RASCI

| DIAGRAMA RASCI                        | PERSON A1       | PERSONA2             | PERSONA3              | PERSONA4           | PERSONA5           |
|---------------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| ACTIVIDAD                             | Desarrolladores | Director de Proyecto | Ingeniero de Proyecto | Supervisor de Obra | Jefe de Maquinaria |
| 1 Planificación inicial y presupuesto | Responsable     | Autoridad            | Informado             | Informado          | Informado          |
| 2 Diseño de la obra                   | Autoridad       | Responsable          | Informado             | Informado          | Informado          |
| 3 Aprobación de permisos y licencias  | Informado       | Responsable          | Consultor             | Consultor          | Informado          |

|   |                                     |                 |             |             |                 |                 |
|---|-------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|
| 4 | Supervisión de la obra              | Autoridad       | Responsable | Responsable | Responsabl<br>e | Consultor       |
| 5 | Ejecución de excavaciones           | Informado       | Autoridad   | Responsable | Responsabl<br>e | Responsabl<br>e |
| 6 | Instalación de infraestructura      | Informado       | Autoridad   | Responsable | Responsabl<br>e | Responsabl<br>e |
| 7 | Pruebas de calidad                  | Responsa<br>ble | Responsable | Responsable | Responsabl<br>e | Informado       |
| 8 | Control de seguridad en la obra     | Responsa<br>ble | Responsable | Responsable | Responsabl<br>e | Responsabl<br>e |
| 9 | Entrega final y cierre del proyecto | Responsa<br>ble | Responsable | Soporte     | Soporte         | Informado       |

Fuente: Elaboración Propia

| R | Responsable | 23 |
|---|-------------|----|
| A | Autoridad   | 5  |
| S | Soporte     | 2  |
| C | Consultor   | 3  |
| I | Informado   | 12 |

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 24 Diagrama RASCI

### e. Histograma y Horario de Recursos

El análisis del histograma y del horario de recursos permite comprender la distribución y eficiencia del trabajo asignado a cada integrante, así como el equilibrio en la carga laboral durante las diferentes fases de ejecución. Este estudio refleja la planeación detallada del uso del recurso humano y técnico, evidenciando una organización estructurada orientada a la consecución de entregables específicos y medibles. Los registros muestran una concentración de mayor cantidad de horas efectivas, superando las 450 horas cada uno, distribuidas en tareas clave como la investigación, la recepción y depuración de información técnica, la elaboración de informes y el desarrollo de la guía final. Este comportamiento sugiere una alta especialización y compromiso con las etapas críticas del proyecto, destacando la importancia de la sinergia entre la planeación, la ejecución y el control del cronograma. Adicionalmente, la inclusión de actividades complementarias como la consultoría, la documentación y la gestión de encuestas en sitio, refuerza la transversalidad del proyecto al integrar dimensiones técnicas, ambientales y legales. En conjunto, la estructura de tiempos y recursos refleja una gestión equilibrada que **prioriza la eficiencia, la calidad de los resultados y la alineación con los principios de las buenas prácticas en gestión de proyectos.**

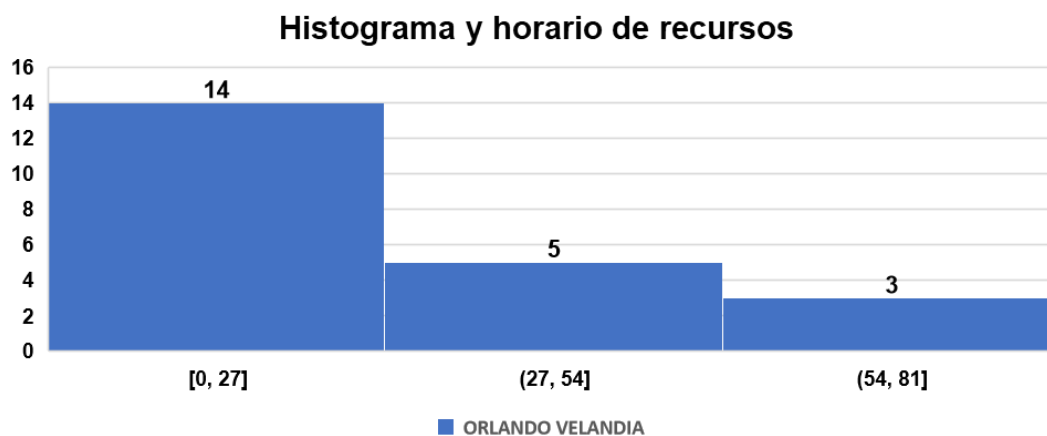


Figura 40 Histograma y horario de recursos  
Fuente: Elaboración Propia

#### f. Plan de Capacitación y Desarrollo del Equipo

El fortalecimiento de las capacidades técnicas y operativas del equipo de trabajo constituye un pilar esencial para garantizar la efectividad del proyecto. El plan de capacitación y desarrollo tiene como propósito consolidar un equipo interdisciplinario competente, alineado con los objetivos del proyecto y capaz de responder de manera eficiente a los desafíos técnicos, ambientales y sociales asociados con la implementación de sistemas de riego sostenibles.

Este plan se enfoca en tres ejes estratégicos: la actualización técnica en temas hidráulicos y ambientales, el fortalecimiento de las habilidades de gestión de proyectos y la promoción de competencias blandas orientadas al liderazgo, la comunicación y el trabajo colaborativo.

El componente de desarrollo humano se orienta a fomentar un ambiente de trabajo colaborativo, en el que la comunicación asertiva, el respeto por la diversidad de criterios y la resolución constructiva de conflictos sean prácticas comunes dentro del equipo. De esta manera, se busca consolidar un grupo de trabajo cohesionado, preparado para enfrentar los retos del proyecto con eficiencia, responsabilidad y compromiso profesional.

Tabla 57

#### *Plan de Capacitación y Desarrollo del Equipo*

| ÁREA DE FORMACIÓN | CONTENIDO PRINCIPAL | MODALIDAD | RESPONSABLE | OBJETIVO |
|-------------------|---------------------|-----------|-------------|----------|
|-------------------|---------------------|-----------|-------------|----------|

|                                         |                                                                                               |                                         |                                               |                                                                                |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Técnica – Hidráulica                    | Diseño de sistemas de riego por gravedad, eficiencia del agua y mantenimiento de canales.     | Talleres y prácticas de campo           | Coordinador Técnico / Asesores Especializados | Fortalecer capacidades técnicas en diseño y operación de sistemas hidráulicos. |
| Gestión de Proyectos                    | Planeación, control de cronogramas, presupuestos y gestión de riesgos.                        | Seminarios / Sesiones virtuales         | Director del Proyecto                         | Mejorar la capacidad de gestión y la toma de decisiones estratégicas.          |
| Sostenibilidad Ambiental                | Uso eficiente del recurso hídrico, normatividad ambiental y buenas prácticas de conservación. | Taller participativo / Estudio de casos | Asesores Técnicos Ambientales                 | Integrar criterios de sostenibilidad en todas las etapas del proyecto.         |
| Desarrollo Humano y Habilidades Blandas | Comunicación, liderazgo, trabajo en equipo y resolución de conflictos.                        | Taller vivencial / Coaching grupal      | Dirección del Proyecto / Equipo de Apoyo      | Fomentar el trabajo colaborativo y fortalecer la cohesión del equipo.          |

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso

🔗 Anexo 25 Plan de Capacitación y Desarrollo del Equipo

### g. Identificación de Procesos de Seguridad y Salud en el Trabajo

La correcta identificación e implementación de los procesos de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) es un componente esencial dentro del desarrollo del proyecto, ya que permite garantizar la integridad física y mental de todos los participantes, así como la sostenibilidad de las actividades en campo y en gabinete. La gestión del SST se fundamenta en el cumplimiento de la normativa nacional vigente, especialmente el Decreto 1072 de 2015 y la Resolución 0312 de 2019, que establecen los estándares mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo en Colombia.

Durante la ejecución de las fases del proyecto, particularmente en la etapa de diagnóstico, levantamiento de información y desarrollo de actividades en terreno, se implementarán medidas preventivas orientadas a mitigar riesgos físicos, ergonómicos, eléctricos, biológicos y ambientales. Estas acciones buscan evitar accidentes laborales y

enfermedades derivadas de la exposición prolongada al sol, manipulación de equipos o desplazamientos en zonas rurales.

El plan de seguridad contempla una evaluación inicial de riesgos, la dotación adecuada de elementos de protección personal (EPP) y la capacitación del personal en primeros auxilios, prevención de accidentes y respuesta ante emergencias.

Cada miembro del equipo será instruido sobre las rutas de evacuación, el manejo de herramientas, la manipulación de materiales y los protocolos de seguridad ambiental aplicables a las actividades de campo.

#### **h. Esquema de Contratación y Liberación del Personal**

El desarrollo del proyecto no contempla la vinculación de personal externo mediante procesos contractuales independientes, dado que las actividades serán ejecutadas por un equipo previamente designado, conformado por profesionales y técnicos vinculados a la institución y a las entidades asociadas al proyecto. Este enfoque responde a la necesidad de optimizar los recursos disponibles y garantizar la trazabilidad administrativa, técnica y financiera a lo largo de todas las fases del proceso investigativo.

El esquema de contratación se sustenta en los principios de eficiencia, transparencia y control interno, asegurando que cada integrante del equipo cuente con las competencias necesarias para desempeñar sus funciones en coherencia con los objetivos y el alcance del proyecto. Las responsabilidades se asignan de manera temporal y funcional según las fases del cronograma, con el fin de mantener una estructura flexible que facilite la adaptabilidad frente a los requerimientos operativos y técnicos de cada etapa.

Tabla 58

#### *Esquema de contratación y liberación del personal*

| <b>ETAPA DEL PROYECTO</b>                      | <b>TIPO DE VINCULACIÓN</b>                                     | <b>DURACIÓN / FASE</b> | <b>CRITERIO DE LIBERACIÓN</b>                  | <b>RESPONSABLE DE SUPERVISIÓN</b> |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Diagnóstico y planificación</b>             | Asignación institucional del personal técnico y administrativo | Fase 1                 | Entregables técnicos aprobados                 | Dirección del Proyecto            |
| <b>Comparación de casos y análisis técnico</b> | Continuidad del equipo base con apoyo de asesores              | Fase 2                 | Validación de análisis y matrices comparativas | Coordinador Técnico               |

|                                        |                                                    |        |                                        |                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------|--------|----------------------------------------|------------------------|
|                                        | externos<br>temporales                             |        |                                        |                        |
| <b>Diseño y elaboración de la guía</b> | Participación del equipo técnico y redacción final | Fase 3 | Entrega de productos finales validados | Dirección del Proyecto |

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 26 Esquema de contratación y liberación del personal

### **i. Definición de Indicadores de Medición de Desempeño del Equipo y Esquema de Incentivos y Recompensas.**

Estos indicadores se fundamentan en los principios del Project Management Body of Knowledge (PMBOK®7) y del Project Management Association of Japan (PMAJ), priorizando la medición del valor ganado, la gestión del cronograma, la satisfacción de los beneficiarios y la calidad de los entregables.

A partir de los datos recopilados en las diferentes fases del proyecto, se establecerán mediciones periódicas que reflejen el avance real frente a lo planificado.

El sistema de evaluación contempla tres dimensiones principales:

**Eficiencia Operativa:** mide el cumplimiento de los tiempos y la correcta ejecución de las actividades según el cronograma establecido.

**Calidad Técnica:** evalúa la pertinencia y consistencia de los productos entregados, en función de los estándares definidos en el plan de trabajo.

**Satisfacción y Clima Organizacional:** valora la participación, compromiso y colaboración entre los miembros del equipo, así como la percepción de los beneficiarios directos del proyecto.

Con base en estas dimensiones, los indicadores seleccionados permiten un seguimiento integral al desempeño del equipo técnico y administrativo, facilitando la toma de decisiones estratégicas y la identificación temprana de desviaciones.

Tabla 59

*Indicadores de Desempeño del Equipo*

| INDICADOR (KPI)                                                  | OBJETIVO DE MEDICIÓN                                                                      | FÓRMULA / MÉTODO DE EVALUACIÓN                          | META ESPERADA  | PERIODICIDAD           |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------|------------------------|
| <b>Cumplimiento del cronograma de actividades</b>                | Medir el grado de avance del proyecto en relación con las fechas planificadas             | (Actividades cumplidas / Actividades programadas) × 100 | ≥ 90%          | Mensual                |
| <b>Ejecución presupuestal</b>                                    | Evaluar la eficiencia en la utilización de los recursos financieros asignados             | (Gasto ejecutado / Presupuesto total) × 100             | 100% al cierre | Trimestral             |
| <b>Calidad de los entregables técnicos</b>                       | Verificar la conformidad de los productos entregados frente a los estándares establecidos | Evaluación cualitativa por comité técnico               | ≥ 85%          | Al cierre de cada fase |
| <b>Satisfacción del equipo de trabajo</b>                        | Determinar el nivel de motivación y compromiso de los integrantes del equipo              | Encuestas internas anónimas                             | ≥ 80%          | Semestral              |
| <b>Nivel de cumplimiento de objetivos generales del proyecto</b> | Medir el grado de logro de los resultados esperados                                       | Comparación de resultados vs. plan inicial              | ≥ 90%          | Al cierre del proyecto |

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 27 Indicadores de Desempeño del Equipo

**j. Identificación de Habilidades Blandas (Liderazgo, Empoderamiento, Creatividad, Innovación, Trabajo Colaborativo, Manejo De Conflictos Y Comunicación Asertiva) para el Desarrollo eel Proyecto.**

Las habilidades blandas representan un componente esencial dentro de la gestión de proyectos, ya que complementan las competencias técnicas del equipo y facilitan el logro de los

objetivos en entornos colaborativos. En el contexto del proyecto desarrollado por Peña Velandia (2025), orientado al análisis, diagnóstico y diseño de una guía de mejora para la gestión de cronogramas en obras civiles hidráulicas, estas habilidades resultan determinantes para garantizar una comunicación efectiva, una toma de decisiones asertiva y una ejecución coordinada de las actividades.

El desarrollo de proyectos de esta naturaleza, que involucran tanto aspectos técnicos como sociales, requiere un alto nivel de liderazgo, coordinación interinstitucional y capacidad de adaptación frente a los cambios del entorno. En consecuencia, las habilidades blandas del equipo se articulan con los principios de gestión del cambio propuestos por las metodologías PMBOK® y P2M, en donde la dirección del talento humano y la interacción entre los actores del proyecto son factores críticos para su éxito.

Entre las principales habilidades blandas identificadas se destacan las siguientes:

- **Liderazgo:** capacidad para orientar al equipo hacia los objetivos del proyecto, promoviendo la motivación, la coordinación y el compromiso colectivo. El liderazgo efectivo permite gestionar conflictos, optimizar la comunicación y asegurar la coherencia entre las metas técnicas y los recursos disponibles.
- **Empoderamiento:** fomento de la autonomía en la toma de decisiones, especialmente en los niveles técnicos y operativos, lo que incrementa la eficiencia del equipo y la responsabilidad sobre los resultados.
- **Creatividad e Innovación:** disposición para proponer soluciones técnicas novedosas frente a los desafíos constructivos, logísticos o ambientales del proyecto. Estas habilidades potencian la mejora continua en la gestión de cronogramas y en la planificación de recursos.
- **Trabajo Colaborativo:** fortalecimiento del sentido de pertenencia y cooperación entre los diferentes actores del proyecto, garantizando la integración de las áreas técnicas, administrativas y sociales para lograr resultados coherentes y sostenibles.
- **Manejo de Conflictos:** habilidad para identificar, analizar y resolver desacuerdos o tensiones dentro del equipo, evitando impactos negativos en el cronograma, la calidad o el clima organizacional.
- **Comunicación Asertiva:** competencia clave para transmitir información de forma clara, precisa y respetuosa, tanto en los canales formales (reuniones, informes, actas) como en la comunicación interpersonal cotidiana del equipo.

El fortalecimiento de estas habilidades no solo contribuye al desempeño individual y grupal, sino que también genera un entorno organizacional más resiliente y participativo.

Su integración en el modelo de gestión propuesto permite abordar los desafíos técnicos del proyecto desde una perspectiva humana, favoreciendo la toma de decisiones colaborativa y la adaptabilidad ante escenarios

Las habilidades de poder son los comportamientos que permiten a las personas tener éxito.

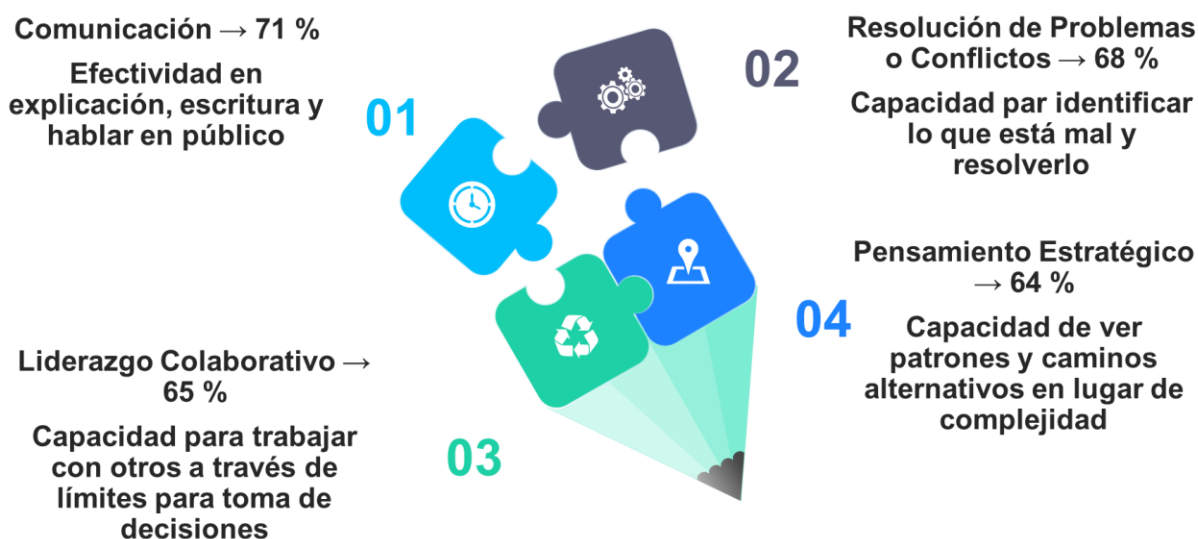


Figura 41 Habilidades de poder  
Tomado de: <https://www.pmi.org/disciplined-agile/people/powerskills>  
Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.8 Plan de Gestión del Riesgo

#### a. Identificación de Riesgos y Determinación de Umbral

En la gestión de riesgos la incertidumbre técnica, ambiental y normativa es inherente al ciclo de vida de la obra, la gestión proactiva de riesgos no es un complemento, sino una condición de viabilidad. El Plan de Gestión de Riesgos desarrollado parte de un diagnóstico riguroso que combina herramientas clásicas, como la matriz DOFA, con enfoques pragmáticos orientados a identificar no solo las amenazas que pueden retrasar actividades críticas, sino también las oportunidades que permiten ganar eficiencia en la programación. La determinación de umbrales de tolerancia, articulada con la evaluación cualitativa y cuantitativa de cada riesgo, refleja una comprensión madura del entorno operativo: desde imprevistos climáticos hasta vacíos legales o falencias en la disponibilidad de información técnica. Este enfoque permite

establecer líneas claras de acción antes de que los riesgos se materialicen, integrando la gestión del tiempo con la gestión del riesgo de forma coherente y contextualizada. El plan se erige como un mecanismo dinámico que fortalece la toma de decisiones, anticipa interrupciones en la ruta crítica y asegura que la guía final no solo proponga cronogramas óptimos, sino también resilientes. La participación activa de expertos, junto con insumos empíricos derivados de encuestas, censos y análisis de casos reales, aporta robustez al proceso, garantizando que las estrategias de mitigación y respuesta estén arraigadas en la práctica del sector y no en supuestos teóricos descontextualizados.



Figura 42 Identificación de riesgos y determinación de umbral  
Fuente: Elaboración Propia

### • Matriz D.O.F.A.

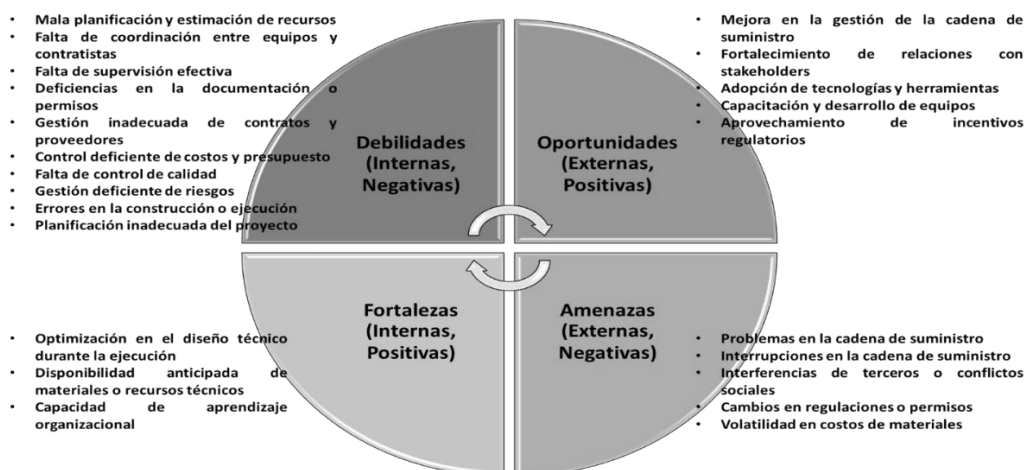


Figura 43 Matriz D.O.F.A.  
Fuente: Elaboración Propia

## **b. Risk Breakdown Structure -RIBS-**

La identificación sistemática de riesgos emerge como un componente esencial para garantizar que los cronogramas no solo sean realistas, sino también resilientes ante la incertidumbre inherente a este tipo de iniciativas. Los resultados del Plan de Gestión de Riesgos revelan una categorización clara y funcional: riesgos técnicos, como errores en el diseño o en la estimación de recursos, riesgos externos, incluyendo interferencias de terceros, conflictos sociales o imprevistos climáticos, riesgos organizacionales, ligados a la falta de coordinación entre contratistas o al control deficiente de equipos, y riesgos de gestión asociados a una planificación inadecuada o a la ausencia de mecanismos proactivos de monitoreo. Paralelamente, se reconocen oportunidades concretas, tales como la disponibilidad anticipada de materiales o la optimización en la ejecución derivada de buenas prácticas constructivas. Este enfoque dual —que no se limita a mitigar amenazas, sino que también busca capitalizar ventajas— refuerza la premisa central de la guía: transformar la gestión del tiempo en un eje estratégico, integrado y dinámico. La utilización de herramientas como la matriz DOFA y la definición explícita de umbrales de tolerancia permiten priorizar acciones con base en impacto y probabilidad, evitando respuestas genéricas o reactivas. En un sector donde los retrasos suelen traducirse en sobrecostos significativos y afectaciones ambientales o sociales, esta estructura de gestión de riesgos no es un añadido metodológico, sino la columna vertebral que sostiene la viabilidad operativa y técnica de los cronogramas propuestos.

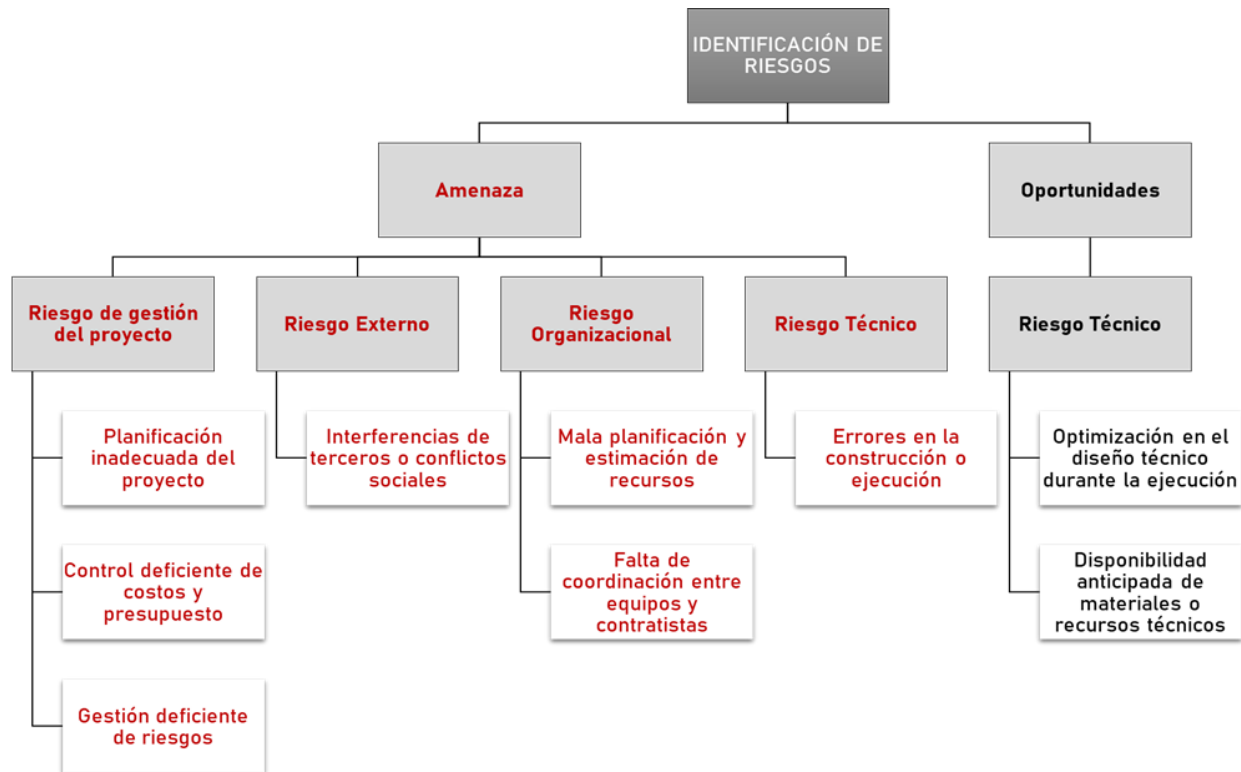


Figura 44 Risk Breakdown Structure -RiBS  
Fuente: Elaboración Propia

### c. Análisis de Riesgos del Proyecto (Cualitativo y Cuantitativo) debe Evidenciarse la Aplicación y Cálculo del Valor Económico Esperado

El análisis de riesgos, tanto cualitativo como cuantitativo, se posiciona como un eje estratégico para transformar la planificación del tiempo en un proceso robusto, realista y adaptable. Estos resultados evidencian una identificación rigurosa de 15 riesgos clave, distribuidos en cuatro categorías estructurales: técnicos, organizacionales, externos y de gestión, integrando tanto amenazas como oportunidades. El uso de una matriz probabilidad-impacto, calibrada con niveles numéricos que permiten el cálculo del valor monetario esperado, facilita una priorización objetiva: riesgos como los errores en la ejecución, la planificación inadecuada o las interrupciones en la cadena de suministro se clasifican como altos o extremos, dada su alta probabilidad y severidad. Paralelamente, se reconocen oportunidades con valor positivo, como la disponibilidad anticipada de materiales o la optimización del diseño durante la construcción, que, aunque menos frecuentes, aportan margen de mejora en plazos y costos. El análisis cuantitativo confirma que, sin intervención estratégica, el impacto financiero

esperado de las amenazas asciende a más de 60 millones de pesos, cifra que se reduce en un 34 % tras la aplicación de medidas de mitigación. No obstante, este enfoque no solo enriquece la guía con decisiones basadas en datos, sino que demuestra que gestionar el cronograma en obras hidráulicas exige anticipar lo imprevisto, cuantificar sus consecuencias y actuar con criterio técnico. La integración de estos hallazgos refuerza la propuesta central del documento: un cronograma óptimo no es aquel sin riesgos, sino aquel cuyos riesgos han sido comprendidos, medidos y gobernados.

- **Matriz Probabilidad – Impacto**

| Nivel de Riesgo |                  |
|-----------------|------------------|
| .01-04          | Riesgo Aceptable |
| .05-12          | Riesgo Tolerable |
| .16-24          | Riesgo Alto      |
| .32-80          | Riesgo Extremo   |

Figura 45 Matriz probabilidad – impacto  
Fuente: Elaboración Propia

|                     |                |   | PROBABILIDAD             |                   |                      |                    |                         |
|---------------------|----------------|---|--------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|
|                     |                |   | IMPROBABLE<br>(MUY BAJA) | POSIBLE<br>(BAJA) | OCASIONAL<br>(MEDIA) | MODERADO<br>(ALTA) | CONSTANTE<br>(MUY ALTA) |
|                     |                |   | 1                        | 2                 | 4                    | 8                  | 16                      |
| SEVERIDAD O IMPACTO | CATASTRÓFICO   | 5 | 5                        | 10                | 20                   | 40                 | 80                      |
|                     | CRÍTICO        | 4 | 4                        | 8                 | 16                   | 32                 | 64                      |
|                     | MODERADO       | 3 | 3                        | 6                 | 12                   | 24                 | 48                      |
|                     | MENOR          | 2 | 2                        | 4                 | 8                    | 16                 | 32                      |
|                     | INSIGNIFICANTE | 1 | 1                        | 2                 | 4                    | 8                  | 16                      |

Figura 46 Matriz probabilidad – impacto  
Fuente: Elaboración Propia

- **Clasificar los Riesgos RBS**

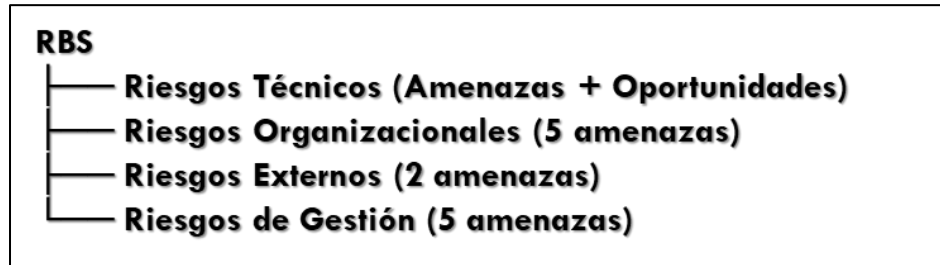


Figura 47 Clasificar los riesgos RBS  
Fuente: Elaboración Propia

- **Análisis Cualitativo**

De los 15 riesgos contemplados, se presenta la clasificación de estos mediante los criterios de probabilidad de ocurrencia, impacto y el nivel de riesgo para preponderar su impacto y la sensibilidad que se ejerce sobre las actividades del proyecto.

| Riesgo o Evento                                             | Probabilidad          | Severidad o Impacto | Nivel de Riesgo  |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|------------------|
| Errores en la construcción o ejecución                      | MODERADO (ALTA)       | CRÍTICO             | Riesgo Extremo   |
| Mala planificación y estimación de recursos                 | POSIBLE (BAJA)        | MODERADO            | Riesgo Tolerable |
| Falta de coordinación entre equipos y contratistas          | IMPROBABLE (MUY BAJA) | MENOR               | Riesgo Aceptable |
| Problemas en la cadena de suministro                        | POSIBLE (BAJA)        | CRÍTICO             | Riesgo Tolerable |
| Falta de supervisión efectiva                               | IMPROBABLE (MUY BAJA) | MENOR               | Riesgo Aceptable |
| Deficiencias en la documentación o permisos                 | POSIBLE (BAJA)        | CRÍTICO             | Riesgo Tolerable |
| Interferencias de terceros o conflictos sociales            | IMPROBABLE (MUY BAJA) | MENOR               | Riesgo Aceptable |
| Interrupciones en la cadena de suministro                   | OCASIONAL (MEDIA)     | CRÍTICO             | Riesgo Alto      |
| Planificación inadecuada del proyecto                       | OCASIONAL (MEDIA)     | CRÍTICO             | Riesgo Alto      |
| Gestión inadecuada de contratos y proveedores               | OCASIONAL (MEDIA)     | CRÍTICO             | Riesgo Alto      |
| Control deficiente de costos y presupuesto                  | POSIBLE (BAJA)        | CATASTRÓFICO        | Riesgo Tolerable |
| Falta de control de calidad                                 | IMPROBABLE (MUY BAJA) | MODERADO            | Riesgo Aceptable |
| Gestión deficiente de riesgos                               | POSIBLE (BAJA)        | CRÍTICO             | Riesgo Tolerable |
| Optimización en el diseño técnico durante la ejecución      | POSIBLE (BAJA)        | MODERADO            | Riesgo Tolerable |
| Disponibilidad anticipada de materiales o recursos técnicos | OCASIONAL (MEDIA)     | MENOR               | Riesgo Tolerable |

Figura 48 Análisis Cualitativo de los riesgos  
Fuente: Elaboración Propia

| ID RIESGO                                                   | PROBABILIDAD | IMPACTO  | NIVEL DE RIESGO  |
|-------------------------------------------------------------|--------------|----------|------------------|
| Errores en la construcción o ejecución                      | Alta         | Alta     | Riesgo Extremo   |
| Mala planificación y estimación de recursos                 | Baja         | Moderada | Riesgo Tolerable |
| Falta de coordinación entre equipos y contratistas          | Muy Baja     | Baja     | Riesgo Aceptable |
| Problemas en la cadena de suministro                        | Baja         | Alta     | Riesgo Tolerable |
| Falta de supervisión efectiva                               | Muy Baja     | Baja     | Riesgo Aceptable |
| Deficiencias en la documentación o permisos                 | Baja         | Alta     | Riesgo Tolerable |
| Interferencias de terceros o conflictos sociales            | Muy Baja     | Baja     | Riesgo Aceptable |
| Interrupciones en la cadena de suministro                   | Moderada     | Alta     | Riesgo Alto      |
| Planificación inadecuada del proyecto                       | Moderada     | Alta     | Riesgo Alto      |
| Gestión inadecuada de contratos y proveedores               | Moderada     | Alta     | Riesgo Alto      |
| Control deficiente de costos y presupuesto                  | Baja         | Muy Alta | Riesgo Tolerable |
| Falta de control de calidad                                 | Muy Baja     | Moderada | Riesgo Aceptable |
| Gestión deficiente de riesgos                               | Baja         | Alta     | Riesgo Tolerable |
| Optimización en el diseño técnico durante la ejecución      | Baja         | Moderada | Riesgo Tolerable |
| Disponibilidad anticipada de materiales o recursos técnicos | Moderada     | Baja     | Riesgo Tolerable |

Figura 49 Análisis Cualitativo de los riesgos

Fuente: Elaboración Propia

- **Realizar el Análisis Cuantitativo de los Riesgos**

Con la identificación de los riesgos se establece la probabilidad, el impacto, nivel de riesgo con la clasificación de extremo, alto, tolerable y aceptable.

| ID RIESGO                                                   | PROBABILIDAD | IMPACTO | NIVEL DE RIESGO | NIVEL DE RIESGO  |
|-------------------------------------------------------------|--------------|---------|-----------------|------------------|
| Errores en la construcción o ejecución                      | 8            | 4       | 32              | Riesgo Extremo   |
| Mala planificación y estimación de recursos                 | 2            | 3       | 6               | Riesgo Tolerable |
| Falta de coordinación entre equipos y contratistas          | 1            | 2       | 2               | Riesgo Aceptable |
| Problemas en la cadena de suministro                        | 2            | 4       | 8               | Riesgo Tolerable |
| Falta de supervisión efectiva                               | 1            | 2       | 2               | Riesgo Aceptable |
| Deficiencias en la documentación o permisos                 | 2            | 4       | 8               | Riesgo Tolerable |
| Interferencias de terceros o conflictos sociales            | 1            | 2       | 2               | Riesgo Aceptable |
| Interrupciones en la cadena de suministro                   | 4            | 4       | 16              | Riesgo Alto      |
| Planificación inadecuada del proyecto                       | 4            | 4       | 16              | Riesgo Alto      |
| Gestión inadecuada de contratos y proveedores               | 4            | 4       | 16              | Riesgo Alto      |
| Control deficiente de costos y presupuesto                  | 2            | 5       | 10              | Riesgo Tolerable |
| Falta de control de calidad                                 | 1            | 3       | 3               | Riesgo Aceptable |
| Gestión deficiente de riesgos                               | 2            | 4       | 8               | Riesgo Tolerable |
| Optimización en el diseño técnico durante la ejecución      | 2            | 3       | 6               | Riesgo Tolerable |
| Disponibilidad anticipada de materiales o recursos técnicos | 4            | 2       | 8               | Riesgo Tolerable |

Figura 50 Análisis Cuantitativo de los riesgos

Fuente: Elaboración Propia

- **Realizar el Análisis Cuantitativo de los Riesgos**

El mapa de calor evalúa la intensidad del riesgo y permite identificar de manera gráfica la importancia del riesgo asociado al cumplimiento de la actividad propuesta con relación a los objetivos estratégicos, el despliegue de la estrategia organizativa, de cara al cumplimiento de los indicadores de gestión.

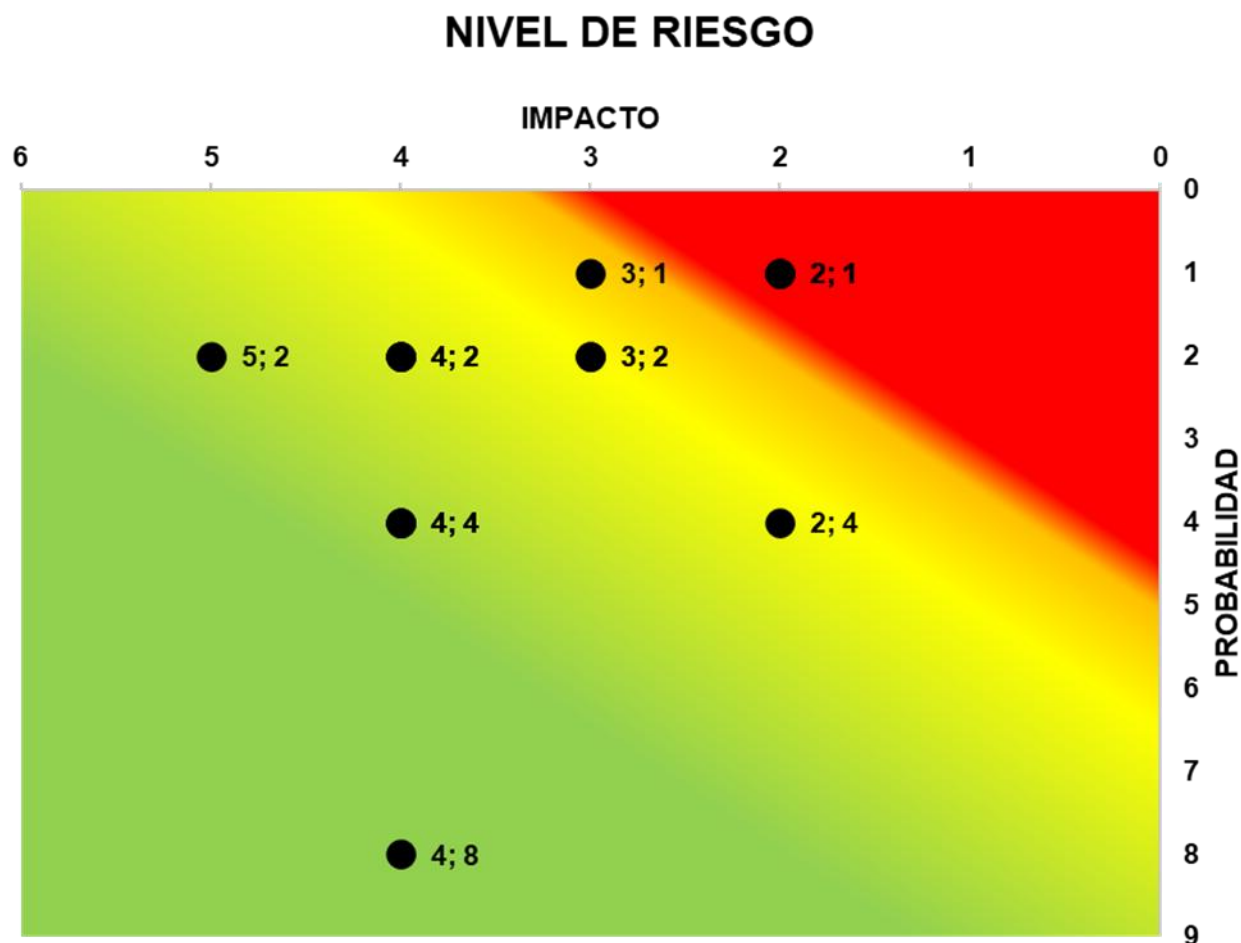


Figura 51 HEATMAP - Mapa de calor de los riesgos  
Fuente: Elaboración Propia

- **Cálculo del Valor Económico**

| TIPO DE RIESGO | CANTIDAD DE RIESGOS IDENTIFICADOS | IMPACTO       | PROBABILIDAD | ANÁLISIS CUANTITATIVO |
|----------------|-----------------------------------|---------------|--------------|-----------------------|
| AMENAZAS       | 13                                | \$ 70.227.936 | 86,67%       | \$ 60.864.211         |
| OPORTUNIDADES  | 2                                 | \$ 2.353.039  | 13,33%       | <b>-\$ 313.739</b>    |
|                | 15                                | \$ 72.580.975 | 100,00%      | \$ 60.550.473         |

Figura 52 Cálculo del valor Económico  
Fuente: Elaboración Propia

| TIPO DE RIESGO | CANTIDAD DE RIESGOS IDENTIFICADOS | COSTO ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN ESTRATÉGICA | COSTO DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN ESTRATÉGICA | \$            | %    |
|----------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------|------|
| AMENAZAS       | 13                                | \$ 39.856.592                                | \$ 26.112.640                                  | \$ 13.743.952 | 34%  |
| OPORTUNIDADES  | 2                                 | -\$ 1.176.520                                | -\$ 1.647.127                                  | \$ 470.608    | -40% |
|                | 15                                | \$ 38.680.073                                | \$ 24.465.513                                  | \$ 14.214.560 | 37%  |

Figura 53 Cálculo del valor Económico

Fuente: Elaboración Propia

#### ANÁLISIS CUANTITATIVO TIPO DE RIESGO → AMENAZAS



■ COSTO ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN ESTRATÉGICA

■ COSTO DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN ESTRATÉGICA

Figura 54 Cálculo del valor Económico - Análisis Cuantitativo de los Riesgos → Amenazas

Fuente: Elaboración Propia

#### ANÁLISIS CUANTITATIVO TIPO DE RIESGO → OPORTUNIDADES



■ COSTO ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN ESTRATÉGICA

■ COSTO DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN ESTRATÉGICA

Figura 55 Cálculo del valor Económico - Análisis Cuantitativo de los Riesgos → Oportunidades

Fuente: Elaboración Propia

### d. Matriz de Riesgos

Se adjunta el recuadro de la matriz de riesgos en el que se describe el tipo de riesgo, la categoría, el detonador, probabilidad, impacto y nivel de riesgo en sus cuatro colores tomados de la matriz de riesgos.

| ID RIESGO | DESCRIPCIÓN DEL RIESGO                             | TIPO DE RIESGO | CATEGORÍA             | DETONADORES                                   | PROBABILIDAD          | IMPACTO  | NIVEL DE RIESGO  |
|-----------|----------------------------------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------------------------------|-----------------------|----------|------------------|
| ID 3      | Errores en la construcción o ejecución             | Amenaza        | Riesgo Técnico        | INICIO DE OBRA SIN DISEÑOS COMPLETOS          | MODERADO (ALTA)       | CRÍTICO  | Riesgo Extremo   |
| ID 9      | Mala planificación y estimación de recursos        | Amenaza        | Riesgo Organizacional | FALTA DE ANALISIS Y DISEÑOS EN FASE DE DISEÑO | POSIBLE (BAJA)        | MODERADO | Riesgo Tolerable |
| ID 10     | Falta de coordinación entre equipos y contratistas | Amenaza        | Riesgo Organizacional | CAMBIOS SIN COORDINACION BILATERAL            | IMPROBABLE (MUY BAJA) | MENOR    | Riesgo Aceptable |
| ID 13     | Problemas en la cadena de suministro               | Amenaza        | Riesgo Organizacional | DEMORA EN MATERIALES CRITICOS                 | POSIBLE (BAJA)        | CRÍTICO  | Riesgo Tolerable |
| ID 14     | Falta de supervisión efectiva                      | Amenaza        | Riesgo Organizacional | INFORMES DE AVANCE TARDIOS O INEXISTENTES     | IMPROBABLE (MUY BAJA) | MENOR    | Riesgo Aceptable |

Figura 56 Matriz de riesgos 1  
Fuente: Elaboración Propia

| ID RIESGO | DESCRIPCIÓN DEL RIESGO                             | TIPO DE RIESGO | CATEGORÍA             | NIVEL DE RIESGO  | PROBABILIDAD | IMPACTO       | COSTO         | ESTRATEGIA | PLAN DE RESPUESTA O PLAN DE ACCIÓN                                                       |
|-----------|----------------------------------------------------|----------------|-----------------------|------------------|--------------|---------------|---------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| ID 3      | Errores en la construcción o ejecución             | Amenaza        | Riesgo Técnico        | Riesgo Extremo   | 80%          | \$ 17.965.012 | \$ 14.372.010 | EVITAR     | DETENER Y CORREGIR DE INMEDIATO - CONTROL DE CALIDAD Y SUPERVISIÓN CONTINUA              |
| ID 9      | Mala planificación y estimación de recursos        | Amenaza        | Riesgo Organizacional | Riesgo Tolerable | 40%          | \$ 5.493.835  | \$ 2.197.534  | MITIGAR    | REASIGNAR RECURSOS Y AJUSTAR CRONOGRAMA - VALIDAR CON EXPERTOS Y HERRAMIENTAS CRONOGRAMA |
| ID 10     | Falta de coordinación entre equipos y contratistas | Amenaza        | Riesgo Organizacional | Riesgo Aceptable | 20%          | \$ 758.674    | \$ 151.735    | ESCALAR    | INTERVENCIÓN DIRECTA DEL PM - REUNIONES PERIÓDICAS Y HERRAMIENTAS COLABORATIVAS          |
| ID 13     | Problemas en la cadena de suministro               | Amenaza        | Riesgo Organizacional | Riesgo Tolerable | 40%          | \$ 4.961.949  | \$ 1.984.780  | MITIGAR    | ACTIVAR PROVEEDOR ALTERNO Y REPROGRAMAR - DIVERSIFICACIÓN Y CONTRATOS SÓLIDOS            |
| ID 14     | Falta de supervisión efectiva                      | Amenaza        | Riesgo Organizacional | Riesgo Aceptable | 20%          | \$ 568.690    | \$ 113.738    | ESCALAR    | SUSTITUIR PERSONAL - SUPERVISORES CAPACITADOS CON REPORTES DIARIOS                       |

Figura 57 Matriz de riesgos 2  
Fuente: Elaboración Propia

| NIVEL DE RIESGO Residual | PROBABILIDAD | IMPACTO       | COSTO         | % residual después de la implementación de la Estrategia | RESPONSABLE                | Frecuencia de Monitoreo | Periodicidad                                                                      | Justificación                                                    |
|--------------------------|--------------|---------------|---------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Riesgo Alto              | 60%          | \$ 17.965.012 | \$ 10.779.007 | 25%                                                      | DIRECTOR OBRA              | Semanal                 | Durante la fase de ejecución, en reuniones de avance o inspecciones en sitio.     | La detección temprana de errores minimiza costosas correcciones. |
| Riesgo Aceptable         | 20%          | \$ 5.493.835  | \$ 1.098.767  | 50%                                                      | PLANIFICADOR DE PROYECTO   | Mensual                 | En revisiones de cronograma y presupuesto, ajustándose al ciclo de planificación. | Asegura que los planes se alineen con la realidad del proyecto.  |
| Riesgo Aceptable         | 10%          | \$ 758.674    | \$ 75.867     | 50%                                                      | PM                         | Semanal                 | En reuniones de coordinación o reportes de avance.                                | La coordinación constante evita retrasos y conflictos.           |
| Riesgo Aceptable         | 20%          | \$ 4.961.949  | \$ 992.390    | 50%                                                      | GERENTE DE COMPRAS         | Semanal                 | Durante la fase de adquisición y ejecución, con seguimiento a proveedores.        | La cadena de suministro es crítica para mantener el cronograma.  |
| Riesgo Aceptable         | 10%          | \$ 568.690    | \$ 56.869     | 50%                                                      | SUPERVISOR - INTERVENTORIA | Quincenal               | En inspecciones programadas o auditorías de procesos.                             | Garantiza el cumplimiento de estándares de calidad y seguridad.  |

Figura 58 Matriz de riesgos 3  
Fuente: Elaboración Propia

### e. Plan de Respuesta a Riesgo, Rastreando y Monitoreando los Riesgos Residuales

#### • Planificar la Respuesta a los Riesgos

Diseñar un plan de respuesta a riesgos no basta si no se acompaña de un sistema riguroso de rastreo y monitoreo de los riesgos residuales. Estos, aquellos que persisten tras la aplicación de estrategias de mitigación o transferencia— representan la verdadera prueba de fuego para la resiliencia del cronograma. Un plan efectivo no se limita a reaccionar ante lo inesperado, sino que anticipa escenarios, asigna responsables, define umbrales de acción y establece mecanismos ágiles de revisión continua. Sin este seguimiento dinámico, incluso los riesgos clasificados inicialmente como “aceptables” pueden escalar silenciosamente hasta comprometer hitos críticos. Monitorear los riesgos residuales no es un acto burocrático; es una disciplina operativa que asegura que la planificación no quede atrapada en el papel, sino que respire y evolucione junto con la obra.

De la idea anterior, se presenta el soporte del mod como se contempla la estrategia y el plan de respuesta o plan de acción.

| PROBABILIDAD          | IMPACTO  | NIVEL DE RIESGO  | PROBABILIDAD | IMPACTO       | COSTO         | ESTRATEGIA | PLAN DE RESPUESTA O PLAN DE ACCIÓN                                                       |
|-----------------------|----------|------------------|--------------|---------------|---------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| MODERADO (ALTA)       | CRÍTICO  | Riesgo Extremo   | 80%          | \$ 17.965.012 | \$ 14.372.010 | EVITAR     | DETENER Y CORREGIR DE INMEDIATO - CONTROL DE CALIDAD Y SUPERVISION CONTINUA              |
| POSIBLE (BAJA)        | MODERADO | Riesgo Tolerable | 40%          | \$ 5.493.835  | \$ 2.197.534  | MITIGAR    | REASIGNAR RECURSOS Y AJUSTAR CRONOGRAMA - VALIDAR CON EXPERTOS Y HERRAMIENTAS CRONOGRAMA |
| IMPROBABLE (MUY BAJA) | MENOR    | Riesgo Aceptable | 20%          | \$ 758.674    | \$ 151.735    | ESCALAR    | INTERVENCION DIRECTA DEL PM - REUNIONES PERIODICAS Y HERRAMIENTAS COLABORATIVAS          |
| POSIBLE (BAJA)        | CRÍTICO  | Riesgo Tolerable | 40%          | \$ 4.961.949  | \$ 1.984.780  | MITIGAR    | ACTIVAR PROVEEDOR ALTERNO Y REPROGRAMAR - DIVERSIFICACION Y CONTRATOS SOLIDOS            |
| IMPROBABLE (MUY BAJA) | MENOR    | Riesgo Aceptable | 20%          | \$ 568.690    | \$ 113.738    | ESCALAR    | SUSTITUIR PERSONAL - SUPERVISORES CAPACITADOS CON REPORTES DIARIOS                       |

Figura 59 Planificar la respuesta a los riesgos  
Fuente: Elaboración Propia

- **Estrategia Plan de Respuesta**

| ID RIESGO | DESCRIPCIÓN DEL RIESGO                             | TIPO DE RIESGO | CATEGORÍA             | PROBABILIDAD          | IMPACTO  | NIVEL DE RIESGO  | PLAN DE RESPUESTA O PLAN DE ACCIÓN                                                       |
|-----------|----------------------------------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|----------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| ID 3      | Errores en la construcción o ejecución             | Amenaza        | Riesgo Técnico        | MODERADO (ALTA)       | CRÍTICO  | Riesgo Extremo   | DETENER Y CORREGIR DE INMEDIATO - CONTROL DE CALIDAD Y SUPERVISION CONTINUA              |
| ID 9      | Mala planificación y estimación de recursos        | Amenaza        | Riesgo Organizacional | POSIBLE (BAJA)        | MODERADO | Riesgo Tolerable | REASIGNAR RECURSOS Y AJUSTAR CRONOGRAMA - VALIDAR CON EXPERTOS Y HERRAMIENTAS CRONOGRAMA |
| ID 10     | Falta de coordinación entre equipos y contratistas | Amenaza        | Riesgo Organizacional | IMPROBABLE (MUY BAJA) | MENOR    | Riesgo Aceptable | INTERVENCION DIRECTA DEL PM - REUNIONES PERIODICAS Y HERRAMIENTAS COLABORATIVAS          |
| ID 13     | Problemas en la cadena de suministro               | Amenaza        | Riesgo Organizacional | POSIBLE (BAJA)        | CRÍTICO  | Riesgo Tolerable | ACTIVAR PROVEEDOR ALTERNO Y REPROGRAMAR - DIVERSIFICACION Y CONTRATOS SOLIDOS            |
| ID 14     | Falta de supervisión efectiva                      | Amenaza        | Riesgo Organizacional | IMPROBABLE (MUY BAJA) | MENOR    | Riesgo Aceptable | SUSTITUIR PERSONAL - SUPERVISORES CAPACITADOS CON REPORTES DIARIOS                       |

Figura 60 Estrategia Plan De Respuesta  
Fuente: Elaboración Propia

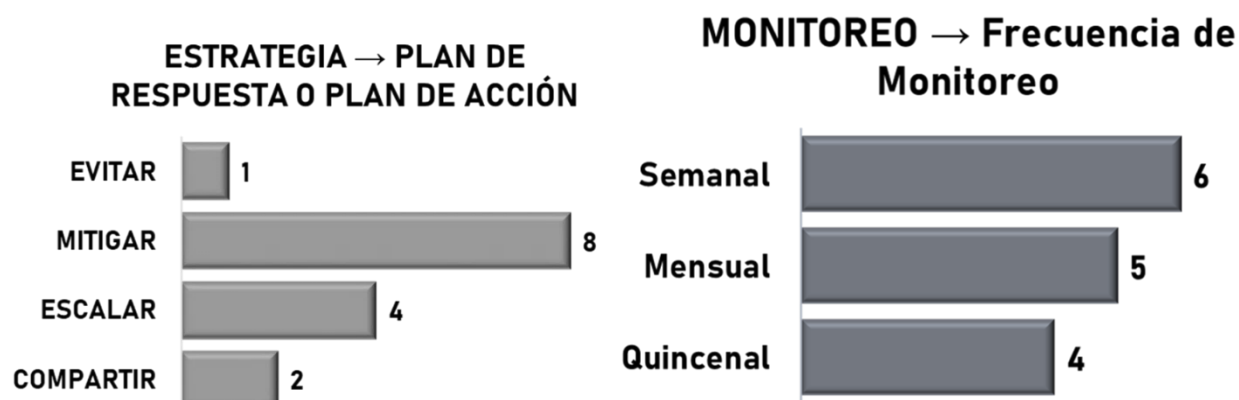


Figura 61 Estrategia → Plan de Acción o de Respuesta

Figura 62 Monitoreo → Frecuencia de Monitoreo

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso  Anexo 28 Análisis de riesgos del proyecto

### 3.2.9 Plan de Gestión de Adquisiciones

#### a. Definición y Criterios de Valoración de Proveedores

Los proveedores se entienden como las personas naturales o jurídicas encargadas de suministrar bienes, materiales, equipos o servicios especializados necesarios para la ejecución del proyecto. Su selección se fundamenta en criterios técnicos, económicos, administrativos y ambientales, en concordancia con la normativa nacional aplicable, los lineamientos institucionales de contratación y las buenas prácticas establecidas en el PMBOK®, en su

séptima edición del Project Management Institute (PMI), así como en los principios de eficiencia y sostenibilidad propuestos por el modelo P2M/ PMAJ de gestión japonesa.

Este enfoque garantiza procesos de adquisición transparentes, eficientes y coherentes con los objetivos estratégicos del proyecto, asegurando que cada proveedor contribuya al cumplimiento del alcance, la calidad y la sostenibilidad de las obras.

- **Criterios de Valoración de Proveedores**

Cumplimiento técnico y calidad del producto o servicio (30%)

Basado en los lineamientos del PMBOK Séptima Edición – Dominio: Planificación, Integración de planes, este criterio evalúa la correspondencia entre la oferta del proveedor y las especificaciones técnicas del proyecto. Se verifican fichas técnicas, certificaciones de calidad, capacidad de producción, condiciones de entrega y garantías de funcionamiento.

Ejemplo: materiales hidráulicos certificados, válvulas o equipos de medición que cumplan normas ISO o ICONTEC.

Sostenibilidad y desempeño ambiental (25%)

Conforme a los principios de P2M / PMAJ, se prioriza el impacto positivo en el entorno. Se valora el uso de materiales ecológicos, procesos de bajo consumo energético o hídrico, estrategias de economía circular y compromiso con políticas ambientales de la región.

Ejemplo: uso de materiales reciclables, eficiencia en transporte y reducción de residuos en obra.

Experiencia y referencias comprobables (25%)

Se otorga prioridad a proveedores con experiencia demostrada en proyectos de infraestructura hidráulica, agrícola o ambiental. Se analizan certificaciones, contratos anteriores, cumplimiento de cronogramas y antecedentes de calidad documentados.

Condiciones económicas y financieras (20%)

Evaluación de la estructura de costos, coherencia entre precio ofertado y alcance del servicio, plazos de pago y garantías financieras. En concordancia con el PMBOK®, Sección 12.3 (Control de Adquisiciones), se busca maximizar la relación costo–beneficio, sin sacrificar calidad o sostenibilidad

## b. Selección y Tipificación de Contratos

La selección y tipificación de los contratos constituye una fase crítica dentro del Plan de Gestión de Adquisiciones.

Este proceso tiene como propósito definir el tipo de relación jurídica y técnica que se establecerá entre la entidad ejecutora y los proveedores, garantizando transparencia, trazabilidad y eficiencia en el uso de los recursos públicos o institucionales.

En concordancia con las buenas prácticas del PMBOK séptima edición – Dominio de desempeño: Planificación, la selección contractual debe asegurar que cada modalidad responda a la naturaleza del bien o servicio, al nivel de riesgo transferido y a la complejidad técnica de las actividades.

De igual forma, los principios del PMAJ (Project Management Association of Japan) orientan a la gestión contractual como un mecanismo colaborativo, donde la comunicación y el aprendizaje entre las partes fortalecen la sostenibilidad y el desempeño del proyecto.

En el caso particular, los contratos deben permitir la adquisición eficiente de materiales hidráulicos, servicios técnicos especializados y actividades de mantenimiento, procurando el cumplimiento de los plazos, la calidad constructiva y los estándares de sostenibilidad ambiental y social.

Tabla 60

### *Selección y tipificación de contratos*

| Tipo de Contrato                                          | Descripción y Alcance                                                                                                                                                                                                                                  | Aplicación en el Proyecto Peña Velandia                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Contrato de Suministro (Precio Fijo Unitario)             | Regula la adquisición de materiales, equipos y componentes hidráulicos específicos. El contratista asume la responsabilidad de entregar los bienes conforme a las especificaciones técnicas, dentro del plazo acordado y por un precio preestablecido. | Compra de compuertas, tuberías PVC y galvanizadas, válvulas de control, estructuras metálicas y elementos de drenaje para canales de distribución. |
| Contrato de Prestación de Servicios (Tiempo y Materiales) | Contratación temporal de personal técnico o profesional especializado, cuya remuneración se basa en el tiempo trabajado y en los insumos utilizados.                                                                                                   | Vinculación de profesionales para la elaboración de diseños hidráulicos, topografía, modelación hidráulica o supervisión técnica de campo.         |
| Contrato de Mantenimiento y Soporte (Costo)               | Garantiza la continuidad operativa del sistema de riego y la sostenibilidad del proyecto. Los pagos se efectúan con                                                                                                                                    | Mantenimiento de canales, revisión de estructuras de captación, limpieza técnica                                                                   |

|                                               |                                                         |                                                                                 |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Reembolsable con<br>Cláusula de<br>Desempeño) | base en los costos reales más una<br>tarifa de gestión. | de filtros, mantenimiento de<br>software de monitoreo o<br>control de válvulas. |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso



Anexo 29 Selección y tipificación de contratos

### c. Criterios de Contratación, Ejecución y Control de Compras y Contratos.

Este proceso se enmarca en el Grupo de Procesos del PMBOK de la séptima edición, Planificar, Ejecutar y Controlar las Adquisiciones, complementado con los enfoques del PMAJ (P2M), los cuales promueven la co-creación de valor y la retroalimentación continua entre los actores involucrados.

De acuerdo con lo anterior, la gestión contractual se desarrolla en cuatro fases principales: planeación, selección, ejecución y control-cierre. Cada una cuenta con lineamientos específicos orientados a asegurar el cumplimiento técnico, financiero, ambiental y normativo del proyecto.

#### • Fase de Planeación

En esta etapa se identifican y documentan las necesidades específicas del proyecto, definiendo qué productos, servicios o recursos deben adquirirse externamente.

Con base en el diagnóstico técnico del sistema de riego y la naturaleza hidráulica de la obra, se determinan las prioridades de contratación, asegurando coherencia con el cronograma general y con la línea base de costos.

Actividades principales:

- Identificación detallada de las necesidades y alcances de cada adquisición.
- Elaboración de especificaciones técnicas y términos de referencia (TDR) para cada contrato.
- Definición del presupuesto estimado, de acuerdo con la línea base de costos aprobada.
- Integración del cronograma de compras y contrataciones con la ruta crítica del proyecto.
- Evaluación de riesgos asociados a cada proceso de adquisición, aplicando la metodología RBS (Risk Breakdown Structure).
- Esta fase culmina con la autorización del plan de adquisiciones por parte de la dirección del proyecto, lo que permite iniciar los procedimientos de selección.

- **Fase de Selección de Proveedores**

La fase de selección busca garantizar la competencia técnica y ética de los contratistas y proveedores, asegurando la equidad y la trazabilidad del proceso.

De acuerdo con el PMBOK séptima edición (proceso 12.2: “Efectuar las adquisiciones”), se recomienda aplicar métodos de evaluación ponderada que combinen criterios técnicos, económicos y de sostenibilidad, priorizando la relación costo-beneficio sin sacrificar la calidad.

Actividades principales:

- Convocatoria abierta o cerrada, según la naturaleza y valor del contrato.
- Recepción y análisis de propuestas técnicas y económicas.
- Evaluación comparativa mediante matrices de valoración (ponderación por criterios de calidad, experiencia, cumplimiento y sostenibilidad).
- Emisión del acta de adjudicación aprobada por el comité técnico del proyecto.
- Registro documental del proceso conforme a las políticas institucionales.
- Criterios de evaluación (ponderación sugerida):
- Cumplimiento técnico y calidad del producto o servicio: 30%
- Condiciones económicas y financieras: 25%
- Cumplimiento normativo y legal: 15%
- Experiencia y referencias comprobables: 20%
- Criterios de sostenibilidad ambiental: 10%

- **Fase de Ejecución Contractual**

En esta etapa se lleva a cabo la implementación operativa de los contratos adjudicados, bajo la supervisión del Project Manager y la coordinación con las áreas de tesorería, interventoría y contabilidad del proyecto.

El control operativo se realiza conforme al proceso “Controlar las Adquisiciones” PMBOK® Séptima Edición garantizando el cumplimiento de los objetivos contractuales y el flujo financiero adecuado.

Actividades principales:

- Revisión y firma de actas de inicio con cronograma de entregables.

- Supervisión técnica y administrativa continua, mediante informes parciales.
- Validación de entregas intermedias y productos finales con actas de conformidad.
- Control financiero del flujo de pagos contra entregables aceptados.
- Aplicación de cláusulas de calidad, seguridad y sostenibilidad ambiental.
- Comunicación continua con los proveedores, siguiendo el plan de gestión de comunicaciones del proyecto.
- Esta fase busca mantener la alineación entre el desempeño contractual y la triple restricción del proyecto (alcance, tiempo y costo).
- Fase de Control y Cierre Contractual

La fase final se orienta al seguimiento de resultados, la verificación de cumplimiento y el registro de lecciones aprendidas.

De acuerdo con el PMBOK® 7, el cierre contractual formaliza la finalización de cada contrato y consolida la información necesaria para auditorías futuras o proyectos similares.

Actividades principales:

Revisión final de entregables técnicos, económicos y administrativos.

Evaluación de desempeño de proveedores (KPI de cumplimiento contractual).

Verificación de garantías, mantenimientos y manuales técnicos.

Emisión del acta de cierre de contrato con visto bueno del supervisor técnico.

Incorporación de las lecciones aprendidas en el repositorio del proyecto (según PMAJ y PMBOK® 7).

Actualización del inventario de recursos adquiridos para futuras intervenciones hidráulicas.

Responsables del Proceso

El control de compras y contratos estará liderado por la Coordinación del Proyecto, en conjunto con:

Project Manager: dirección general, validación técnica y seguimiento.

Área Administrativa y Financiera: control presupuestal y pagos.

Interventoría Técnica: validación de especificaciones y cumplimiento físico.

Oficina de Compras Institucional: control documental y trazabilidad.

Área Ambiental: revisión de cumplimiento de prácticas sostenibles.

#### **d. Cronograma de Compras con la Asignación de Responsable**

El cronograma es flexible y se ajustará según los tiempos administrativos internos, priorizando la eficiencia y el cumplimiento del plan de ejecución del proyecto.

#### **e. Sostenibilidad en el Proceso de Adquisiciones**

Las adquisiciones priorizan proveedores que ofrezcan materiales reciclables, duraderos, biodegradables o de bajo impacto ambiental, especialmente en componentes asociados a obras hidráulicas como canaletas, estructuras metálicas o compuestos.

Además, se favorece la contratación de proveedores que implementen sistemas de gestión ambiental certificados (ISO 14001) o prácticas internas de ecoeficiencia.

- **Optimización de Recursos Existentes:**

Se promueve la reutilización y reacondicionamiento de equipos, herramientas y materiales disponibles en el proyecto o en la entidad contratante, reduciendo así los costos asociados a nuevas adquisiciones y la generación de residuos.

En el caso de la obra hidráulica, se da prioridad al uso de materiales locales disponibles (arena, grava, concreto reciclado) y a la implementación de soluciones modulares que faciliten su mantenimiento y expansión futura.

- **Eficiencia Energética y Reducción de Huella de Carbono:**

Toda adquisición de equipos, maquinaria o tecnología deberá priorizar la eficiencia energética, minimizando el consumo de combustible o electricidad en las etapas constructivas y operativas.

Asimismo, se evaluará el impacto ambiental en términos de emisiones de CO<sub>2</sub>, adoptando prácticas de transporte eficiente y planificación logística para reducir desplazamientos innecesarios.

- **Inclusión de Proveedores Locales y Economía Circular:**

El proceso de adquisición fomenta la participación de proveedores regionales del Tolima y zonas aledañas, fortaleciendo las economías locales y promoviendo la generación de empleo

en comunidades rurales vinculadas al proyecto.

Se da prioridad a microempresas, asociaciones campesinas o cooperativas que cumplan con los estándares técnicos requeridos, contribuyendo al desarrollo sostenible del territorio.

Además, se incentiva la adopción de modelos de economía circular, donde los materiales puedan reincorporarse en nuevos procesos productivos o constructivos.

- **Control y Seguimiento Ambiental:**

Cada adquisición incluirá un registro de impacto ambiental directo e indirecto, documentando las medidas de mitigación y compensación implementadas.

Este control se realizará mediante indicadores de sostenibilidad (KPI ambientales), como:

- Porcentaje de materiales reciclables adquiridos.
- Reducción de consumo energético por unidad de producción.
- Volumen de residuos gestionados responsablemente.
- Nivel de participación de proveedores locales.

Tabla 61

*Integración de la Sostenibilidad al Ciclo de Adquisiciones*

| Fase del Proceso de Adquisición | Acción Sostenible Aplicada                                                | Indicador Asociado                                       |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>Planeación de compras</b>    | Identificación de proveedores locales sostenibles y materiales ecológicos | % de proveedores con prácticas ambientales certificadas  |
| <b>Selección y contratación</b> | Evaluación ponderada que incluye criterios de sostenibilidad $\geq 30\%$  | % de contratos con cláusulas de sostenibilidad           |
| <b>Ejecución contractual</b>    | Supervisión del cumplimiento ambiental y gestión adecuada de residuos     | Nº de auditorías ambientales realizadas                  |
| <b>Cierre contractual</b>       | Verificación de cumplimiento de cláusulas ambientales y sociales          | % de contratos cerrados sin no conformidades ambientales |

Fuente: Elaboración Propia

Para conocer el detalle de la información de este numeral, se habilita el acceso  Anexo 30 Integración de la Sostenibilidad al Ciclo de Adquisiciones

## 4. LECCIONES APRENDIDAS

La complejidad de la planificación y ejecución de las obras civiles presentan múltiples variables de consideración que, a pesar de ser contempladas, deben ser ajustadas en todo momento para minimizar los impactos en el curso normal de la obra.

La incidencia de los impactos en la ejecución del cronograma de obra se debe contrarrestar con la planificación reales y que se ajusten a las necesidades de los propietarios del negocio orientado a mejorar condiciones y con completo énfasis en los grupos de interés.

Se considera de importancia que todos y cada uno de los capítulos estudiados, en el ejercicio académico, cobra relevancia para el éxito de los proyectos, y que en todos se asocian elementos de riesgo, oportunidad y de evaluación y seguimiento con impactos colaterales a los demás.

Se aprende que la formación del profesional que lidera proyectos se basa en su capacidad y destreza para sacar provecho de las habilidades de poder. Que la comunicación entre líderes y equipos de trabajo, bajo un liderazgo participativo que logre identificar y resolver conflictos y la implementación del pensamiento estratégico, crean el profesional ideal para emprender cualquier reto dentro de la Gerencia de Proyectos.

El desinterés que existe al considerar un cronograma ajustado a las necesidades del proyecto, no siempre se puede suplir con la extensión de vigencia por actividad o la presentación de estrategias al finalizar las etapas de actividades. Se debe contar con herramientas adicionales para garantizar la identificación de novedades desde la planificación, ejecución y seguimiento de los proyectos.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La articulación entre los procesos definidos en el PMBOK® SÉPTIMA EDICIÓN y los principios de innovación y gestión estratégica propuestos por P2M permite construir una metodología flexible y adaptativa para el manejo del cronograma. Esta integración contribuye a reducir las desviaciones de tiempo entre un 20% y 30%, lo cual se evidencia en el análisis del árbol de problemas. En dicho proyecto, la falta de alineación entre las fases generó sobrecostos y demoras, demostrando que la aplicación conjunta de ambas metodologías mejora la coherencia entre la planificación y la ejecución operativa.

La deficiencia en la planificación de la adquisición de materiales y la gestión del talento humano, sumada a una comunicación poco fluida entre los equipos de trabajo, se identifica como una de las principales causas del incumplimiento del cronograma. Estos factores incrementan los costos indirectos en un 20% a 30%, como lo demuestra el análisis del desempeño (EVM) y las matrices de probabilidad e impacto. Dichos hallazgos evidencian la necesidad de fortalecer la gestión logística y de comunicación en los proyectos de infraestructura hidráulica.

El uso de indicadores de rendimiento (KPIs) en la evaluación del cronograma permitió detectar desviaciones operativas asociadas con la sobreasignación de recursos y la ocurrencia de eventos imprevistos. Estas situaciones impactaron directamente la ruta crítica, extendiendo los tiempos de entrega. Sin embargo, la implementación de estrategias de compresión de actividades y metodologías de construcción lean permitió recuperar parte del retraso, como se evidencia en el flujo de caja proyectado y los ajustes de programación ejecutados.

La guía desarrollada incorpora un enfoque iterativo de revisión y mejora continua basado en los lineamientos del PMBOK® SÉPTIMA EDICIÓN y P2M, integrando herramientas como BIM y EVM que facilitan la toma de decisiones en tiempo real. Su aplicación permite fortalecer la madurez gerencial del equipo de proyecto y reducir riesgos de seguridad entre un 15% y 25%, de acuerdo con los parámetros establecidos en los planes de calidad (ISO 9001:2015) y las matrices de gestión de interesados, garantizando una mejor alineación entre las expectativas y los resultados obtenidos.

Esta guía busca mejorar la planificación, el control y la eficiencia de los recursos, garantizando que las actividades se desarrollen dentro de los plazos previstos y con una visión sostenible del ciclo de vida del proyecto.

La guía de buenas prácticas debe adoptarse desde los estudios iniciales (diseño conceptual, alternativas hidráulicas, disponibilidad predial, análisis de riesgos), evitando aplicarla únicamente en la fase de ejecución. La incidencia en los impactos es mayor cuando el cronograma y el presupuesto se estructuran desde su origen con la WBS, EDT hidráulica, matrices P2M y análisis de riesgos integrados. Lo anterior permite contar con una cobertura desde la concepción de planificación, ejecución y monitoreo de las actividades del proyecto.

La guía supone cierto nivel de conocimiento en planificación, análisis de riesgos, configuración de EDT, entre otros. En equipos con baja experiencia o con alta rotación de personal, la implementación puede ser incompleta o parcial, dado que el recurso humano se concibe como un actor fundamental en el desarrollo de competencias funcionales orientadas a la toma de decisiones. Es por esto que, si la información de base es deficiente, ni la mejor guía puede garantizar un cronograma o presupuesto precisos. El compendio o guía los mitiga parcialmente, pero no los elimina, pues dependen de factores externos al proyecto, cuya consideración debe darse previo al proceso de materialización del proyecto.

En proyectos de infraestructura, las recomendaciones varían según las condiciones particulares de cada obra. Para las obras ya iniciadas, es crucial realizar un diagnóstico técnico-administrativo que identifique con precisión el estado físico, financiero y contractual del proyecto, documentado y validado por todas las partes. A partir de este diagnóstico, se debe reconstruir la línea base, incluyendo una nueva EDT y cronogramas históricos y de recuperación, siempre bajo criterios técnicos y sin sustituir la planeación original; cualquier ajuste debe gestionarse mediante el procedimiento formal de control de cambios. Además, se recomienda implementar indicadores de desempeño basados en el valor ganado —como el Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) y el Índice de Desempeño del Costo (CPI)—, junto con reportes periódicos, reuniones semanales de seguimiento y revisiones continuas de riesgos, dado que la ventana de respuesta en fases avanzadas es limitada.

La participación activa del propietario y los grupos de interés resulta indispensable para redefinir procesos constructivos y evitar conflictos. En el caso de obras geográficamente aisladas, es

prioritario realizar un análisis logístico detallado que contemple rutas de acceso, tiempos de transporte, disponibilidad de recursos y condiciones climáticas, integrando estos factores directamente en la programación para evitar sobreestimaciones.

Dada la escasez de información técnica, se sugiere emplear mediciones en campo iterativas, monitoreo geotécnico básico y recolección continua de datos hidrológicos, complementado con reservas de tiempo y costo para cubrir incertidumbres. Asimismo, debe implementarse un plan de gestión de riesgos adaptado al entorno, con planes de contingencia tempranos, brigadas de respuesta rápida y sistemas de comunicación satelital.

Cuando intervienen comunidades sensibles, como grupos religiosos, étnicos o colectivos con usos y costumbres propios, se recomienda adoptar un enfoque de diálogo cultural, gestionado por el equipo social del contratista. Antes o durante la ejecución, se debe realizar una caracterización sociocultural del área de influencia para ajustar cronogramas, respetar fechas sagradas y establecer protocolos de comunicación con líderes locales. Un comité de enlace social, integrado por representantes comunitarios, autoridades religiosas, el equipo del proyecto e interventoría, debe reunirse periódicamente para gestionar tensiones y validar decisiones, documentando acuerdos en actas culturales.

Por último, en zonas con fauna protegida, se deben seguir estrictamente los lineamientos ambientales, considerando periodos reproductivos, horarios restringidos para maquinaria y rutas alternativas que minimicen impactos. Un equipo ambiental permanente debe monitorear la presencia de especies sensibles y ajustar las actividades en consecuencia, en coordinación con biólogos, autoridades ambientales y comunidades. Además, se deben establecer protocolos claros para responder a hallazgos inesperados de fauna o incidentes ecológicos, que incluyan suspensiones temporales o reubicaciones asistidas, siempre en cumplimiento de la normativa y priorizando la conservación de la biodiversidad.

## 6. REFERENCIAS

- Alfaro, R., & Yepes, V. (2020). "Análisis de buenas prácticas en gestión de proyectos de infraestructura en Latinoamérica." *Revista Ingeniería de Construcción*, 35(1), 85–98. \*\*
- Ámbito Jurídico. (2023, 18 de octubre). La preocupante radiografía de las obras. *Ámbito Jurídico*. <https://www.ambitojuridico.com/noticias/administrativo/administrativo-y-contratacion/la-preocupante-radiografia-de-las-obras>
- Airport Technology. (2021, 9 de febrero). *Berlin Brandenburg Airport: a construction timeline*. <https://www.airport-technology.com/features/berlin-brandenburg-construction-timeline/>
- Arditi, D., & Gunaydin, H. M. (1997). "Total Quality Management in the Construction Process." *International Journal of Project Management*, 15(4), 235–243. \*\*
- BBC News. (2022, 16 de mayo). *Elizabeth line: How the 'perfect' project became a nightmare*. <https://www.bbc.com/news/uk-england-london-61409591>
- CASTILLO, L. A. D. (2020). GERENCIA DE PROYECTOS CON METODOLOGÍA PMI PARA LA INGENIERÍA INDUSTRIAL Y LAS EMPRESAS DE CONSUMO MASIVO [UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA]. In *Nature Microbiology* (Vol. 3, Issue 1). <http://dx.doi.org/10.1038/s41421-020-0164-0>  
<https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.02.027>  
<https://www.golder.com/insights/block-caving-a-viable-alternative/>  
<http://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-15507-2>  
<http://dx.doi.org/10.1038/s41587-020-05>
- Castro-Lacouture, D., & Irizarry, J. (2015). "Best Practices for Construction Project Delivery." *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(1). \*\*
- CIFUENTES, H. J. R. (2016). MODELO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CONCEPTO "CICLO DE VIDA DEL PROYECTO" SEGÚN EL PMI EN OBRAS DE INGENIERIA CIVIL DE CARÁCTER PUBLICO. Universidad Nueva Granada, 0–46. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/15701>
- Correa González, A. M. (2024). *Factores que generan retrasos en la entrega de proyectos de obra civil en Choachí, Cundinamarca* [Trabajo de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio Uniminuto. <https://repository.uniminuto.edu/bitstreams/6acdf12-c883-453d-9b87-e224d346df97/download>
- Daheshpour, K., & Herbert, S. (2018). *Infrastructure project failures in Colombia* (K4D Helpdesk Report). Institute of Development Studies. [https://opendocs.ids.ac.uk/articles/online\\_resource/Infrastructure\\_Project\\_Failures\\_in\\_Colombia/26484424/1](https://opendocs.ids.ac.uk/articles/online_resource/Infrastructure_Project_Failures_in_Colombia/26484424/1)
- Enlytencircle.ca. (2023, 1 de marzo). *Breaking the big (1). The Berlin Brandenburg Airport*. <https://enlytencircle.ca/breaking-the-big-berlin-airport-project-delay-case-study/>
- González, P. & Sánchez, A. (2018). "Diagnóstico de fallas en la gestión de proyectos de infraestructura pública." *Revista Obras y Proyectos*, 24, 45–59. \*\*
- Henao, F., et al. (2020). Renewables in the optimal expansion of colombian power system considering the risk of new projects. *Energy Strategy Reviews*, 32, 100569. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100569>
- Hodge, G. A. (2018). APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PMI PARA PROYECTO DE CONSTRUCCION VERTICAL DE USO RESIDENCIAL, CASO DE ESTUDIO: PROYECTO KD MARLY. In UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.
- IISD. (2024). *SAVi assessment of the Mass Rapid Transit System in Bogotá, Colombia*. International Institute for Sustainable Development. <https://www.iisd.org/system/files/2024-10/savi-mass-rapid-transit-system-bogota-colombia.pdf>

- LatinFinance. (2025, 2 de octubre). *Urban Transport Financing of the Year – Bogotá Metro Line 1*. <https://latinfinance.com/2025-pifa-winners/2025/10/02/urban-transport-financing-of-the-year-bogota-metro-line-1/>
- Mazuera, J. A. V. (n.d.). PLAN DE INTEGRACIÓN DE LOS ESTÁNDARES PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI) Y LA METODOLOGÍA BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) A LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN PARA COLOMBIA. Universidad Nacional Abierta y a Distancia —UNAD—, 112, 1–10.
- Mora-Serrano, J., & Mahdjoubi, L. (2016). “Development of a Construction Process Map to Improve Planning and Scheduling.” *Procedia Engineering*, 164, 430–436.\*\*
- Ondas de Ibagué. (2023, 18 de octubre). Abandono de obras del Triángulo del Sur del Tolima habrían generado pérdidas por más de 19 mil millones de pesos. Ondas de Ibagué.
- Pinto, J. K. & Slevin, D. P. (1989). “Critical success factors in effective project implementation.” *IEEE Transactions on Engineering Management*, 36(1), 67–78. \*\*
- PSA BDP. (s.f.). *Case Study: EPM's Ituango Hydroelectric Project*. Consultado el 22 de noviembre de 2025. <https://psabdp.com/who-we-serve/our-customers/epm-case-study>
- Portal de Obras Inconclusas. (n.d.). *Paco*. <https://portal.paco.gov.co/index.php?pagina=obrasInconclusas>
- Project Management Institute. (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® SÉPTIMA EDICIÓN Guide)* (6th ed.). Project Management Institute.
- Ramírez, C. R. D. (2020). Modelo para formulación de proyecto enmarcado en el PMI, para la empresa COMPET del sector petrolero, en el municipio de Tauramena Casanare. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- Rudeli, N., Viles, E., González, J., & Santilli, A. (2018). Causas de Retrasos en Proyectos de Construcción: Un análisis cualitativo. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, (16), 43-54. <https://core.ac.uk/download/pdf/280358168.pdf>
- The Bogotá Post. (2023, 9 de febrero). *Going underground? Petro threatens to derail Bogotá metro plans*. <https://www.thebogotapost.com/going-underground-petro-threatens-to-derail-bogota-metro-plans/50915/>
- Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® SÉPTIMA EDICIÓN Guide) - Seventh Edition and The Standard for Project Management*. Project Management Institute, Inc. <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok>
- Santamaría, J. y Cuéllar, B. (2019). Retrasos en proyectos de construcción: El impacto de una gestión deficiente de los interesados. *Revista de la Construcción*, 18(1), 127-140. <https://www.google.com/search?q=https://www.revistalaconstruccion.com/articulo/retrasos-en-proyectos-de-construccion>
- Martínez, A. (2017). La gestión de los stakeholders como factor clave de éxito en proyectos de infraestructura. *Ingeniería Civil*, (2), 45-56. <https://www.google.com/search?q=https://www.ingenieriacivil.com/la-gestion-de-los-stakeholders-como-factor-clave-de-exito-en-proyectos-de-infraestructura>
- Departamento Nacional de Planeación. (s. f.). *Estructuración de proyectos de infraestructura: Etapa de preinversión*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/Portal%20Territorial/EstructuracionProyectos/4.-Matriz-Estructuracion---Lectura-Horizontal---Ficha-por-Variable.pdf>
- Foco en Obra. (2025, 6 de junio). *Árbol de problemas: Guía completa de análisis*. <https://focoenobra.com/blog/arbol-de-problemas/>
- PM Consul. (2020, 7 de julio). *Árbol de problemas - Gestión de proyectos*. <https://www.pmconsul.com/arbol-de-problemas/>
- Universidad Andrés Bello. (2024, 11 de junio). *¿Qué es un árbol de problemas?* <https://vinculacion.unab.cl/wiki/que-es-un-arbol-de-problemas/>

- Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2023). *Informe de gestión y portafolio de proyectos 5G*. Gobierno de Colombia. <https://www.ani.gov.co>
- Banco de la República. (2023). *Informe de inflación 2023*. <https://www.banrep.gov.co>
- Banco Mundial. (2023). *Indicadores de desarrollo mundial*. <https://datos.bancomundial.org/>
- Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol). (2023). *Informe de coyuntura económica y del sector constructor 2023*. Camacol.
- Colombia Compra Eficiente. (2022). *Manual de contratación pública en Colombia*. Agencia Nacional de Contratación Pública. <https://www.colombiacompra.gov.co>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2024). *Proyecciones de población nacional 2024*. <https://www.dane.gov.co/>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2023). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026*. Gobierno de Colombia.
- Kotler, P., & Keller, K. (2016). *Dirección de marketing* (15.a ed.). Pearson.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). *Política nacional de construcción sostenible*. Gobierno de Colombia.
- Ministerio de Educación Nacional. (2022). *Plan maestro de infraestructura educativa*. Gobierno de Colombia.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2022). *Plan decenal de salud pública y necesidades de infraestructura en salud*. Gobierno de Colombia.
- Ministerio de Transporte. (2023). *Informe sectorial de infraestructura vial 2023*. Gobierno de Colombia.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2023). *Déficit habitacional y política de vivienda en Colombia 2023*. Gobierno de Colombia.
- Project Management Institute (PMI). (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® SÉPTIMA EDICIÓN Guide)* – Seventh edition. Project Management Institute.
- Project Management Association of Japan (PMAJ). (2017). *P2M: A guidebook of project and program management for enterprise innovation*. PMAJ.
- Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® SÉPTIMA EDICIÓN Guide)* (7th ed.). Project Management Institute.
- Project Management Association of Japan. (2010). *P2M: A Guidebook of Project and Program Management for Enterprise Innovation*. PMAJ.
- Kerzner, H. (2017). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (12th ed.). Wiley.
- Meredith, J. R., & Mantel, S. J. (2019). *Project Management: A Managerial Approach* (10th ed.). Wiley.
- Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® SÉPTIMA EDICIÓN guide)* (7th ed.). PMI.
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001:2015 – Quality management systems – Requirements*. <https://www.iso.org>
- ICONTEC. (2020). *NTC 1493 – Gestión de proyectos – Guía para la aplicación de ISO 21500*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Heldman, K. (2020). *PMP Project Management Professional Study Guide* (10th ed.). McGraw Hill Education.
- World Bank Blogs. (2014, 6 de octubre). *Bogota: TransMilenio's overcrowding problem and a professor's solution*. <https://blogs.worldbank.org/en/transport/bogota-transmilenio-s-overcrowding-problem-and-professors-solution>



## 7. ANEXOS

### Anexo A: Instrumentos de recolección de datos

Tabla 62

#### Matriz de Especificaciones - Instrumento de Medición

| VARIABLE                         | CONCEPTUALIZACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | DIMENSIONES                                                                                                  | PONDERACIÓN (%) | INDICADOR1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | INDICADOR2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | INDICADOR3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cronograma de actividades</b> | El Cronograma es una herramienta esencial para planificar el esfuerzo temporal que va a suponer nuestro proyecto. Normalmente se representa mediante un Diagrama de Gantt. Este tipo de representación nos ayuda a identificar, de un vistazo, las tareas más costosas en cuanto a duración se refieren, así como qué tareas se solapan con otras (por lo que requerimos más esfuerzo para desarrollarlas) <sup>1</sup> | <b>Económico</b> → La inadecuada planificación y ejecución del cronograma de actividades generar sobrecostos | 30              | ¿Cuál considera usted como la más importante consecuencia que genera el incumplimiento del cronograma de actividades hacia los costos de un proyecto hidráulico?<br><br>A. La generación de sobrecostos<br>B. El pago de tiempo adicional a los trabajadores de la obra.<br>C. Invertir en más materiales para construir la obra planeada<br>D. Sin dinero se improvisará sobre la marcha lo cual genera baja calidad en el trabajo. | ¿Cree usted que el tema de costos para desarrollar una obra hidráulica rural es lo más importante dentro del proyecto?<br><br>A. No. Hay que tener en cuenta la mano de obra, la calidad de los materiales y los profesionales a cargo.<br>B. Si. Sin dinero difícilmente se puede ejecutar la obra. Sin Recursos económicos no se puede iniciar la obra.<br>C. No. Lo más importante es planear para entregar la obra a tiempo y con calidad.<br>D. Si. El dinero bien administrado logrará que se ejecute la obra con calidad con satisfacción a la población | Según su consideración, ordene de mayor a menor importancia los siguientes elementos que intervienen en un proyecto de obra civil hidráulica<br><br>A. Costos, Tiempo, Calidad, Impacto Ambiental<br>B. Calidad, Tiempo, Impacto Ambiental, Costos<br>C. Tiempo, Calidad, Costos, Impacto Ambiental<br>D. Impacto Ambiental, Costos, Tiempo, Calidad |

<sup>1</sup> El cronograma de actividades se considera en la metodología PMI dentro de la etapa de Planificación (6.1, 6.5), Monitoreo y Control (6.6). Las áreas de conocimiento relacionan los tres elementos que convergen en el control del cronograma de obra, recursos, costos y tiempos.

| VARIABLE | CONCEPTUALIZACIÓN | DIMENSIONES                                                                                                       | PONDERACIÓN (%) | INDICADOR1                                                                                                                                                                                                                                  | INDICADOR2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | INDICADOR3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                   | <b>Social</b> → Los retrasos impactan a las comunidades en condiciones de la prestación de los servicios públicos | 30              | <p>¿Usted considera que el desarrollo de una obra civil hidráulica debe mitigar a toda costa el impacto social a las comunidades?</p> <p>A. Totalmente de acuerdo<br/>B. Ni de acuerdo ni en desacuerdo<br/>C. Totalmente en desacuerdo</p> | <p>¿Cuál cree que sea el ámbito con mayor impacto para la sociedad?</p> <p>A. El transporte. Si hay retrasos en la obra, se genera complicaciones en el transporte para las familias cercanas al proyecto.<br/>B. El Ambiente. La presencia de maquinaria genera emisiones recurrentes de CO2 que desmejoran la calidad del aire<br/>C. El Servicio Público. Las comunidades sufren más cuando se carece de redes de acueducto y de alcantarillado.<br/>D. Económico. Las obras impactan el bolsillo de las familias al presentar sobre costos en las actividades comerciales de la población</p> | <p>Según su consideración, ordene de mayor a menor importancia los siguientes elementos que intervienen en un proyecto de obra civil hidráulica</p> <p>A. Transporte, Ambiente, Agua, Economía<br/>B. Economía, Transporte, Agua, Ambiente<br/>C. Agua, Ambiente, Economía, Transporte<br/>D. Ambiente, Agua, Transporte, Económica</p> |

| VARIABLE | CONCEPTUALIZACIÓN | DIMENSIONES                                                                                                                                                                                  | PONDERACIÓN (%) | INDICADOR1                                                                                                                                                                                                                                                       | INDICADOR2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | INDICADOR3 |
|----------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|          |                   | <b>Ambiental</b> → La repercusión del impacto ambiental, incumplimientos normativos, impactos irreversibles, procedimientos inadecuados con efectos secundarios en la ejecución del proyecto | 20              | ¿Usted considera que el desarrollo de una obra civil hidráulica debe mitigar a toda costa el impacto ambiental en inmediaciones del desarrollo del proyecto?<br><br>A. Totalmente de acuerdo<br>B. Ni de acuerdo ni en desacuerdo<br>C. Totalmente en desacuerdo | ¿Cuál considera como la causa para que una obra presente retrasos en su ejecución?<br><br>A. Inician las obras sin contar con el dinero suficiente para pagar mano de obra y materiales<br>B. Problemas de comunicación entre los líderes del proyecto.<br>C. Mala planificación y ejecución de un cronograma de obra.<br>D. Vías de acceso para el ingreso y salida de materiales<br>E. Condiciones Climáticas en el sector                                                                                                                                                                                           | No aplica  |
|          |                   | <b>Legal</b> → Incumplimiento contractuales y legales, generación de detrimento público, detrimento patrimonial, demandas y acciones legales por incumplimiento. Insolvencia económica       | 20              | ¿Usted cree que los retrasos en obras civiles de cualquier tipo traen consigo consecuencias legales para el contratista?<br><br>A. Si<br>B. No<br>C. No sabe/No responde                                                                                         | ¿Quién considera usted que sea el responsable de los retrasos en las obras civiles que se desarrollan en la zona rural del departamento?<br><br>A. La alcaldía. Por no contratar con empresas serias y con experiencia.<br>B. La interventoría. Esta empresa debe vigilar de cerca al contratista que desarrolla la obra para corregir en tiempo real.<br>C. El contratista. Es quien ejecuta la obra y todo debe estar planeado y se debe ejecutar de acuerdo con esa planificación.<br>D. La comunidad. Porque deben ser veedores de las obras y estar en comunicación con Alcaldía para reportar cualquier novedad. | No aplica  |

Fuente: 1 Elaboración propia

Se adjunta el enlace para acceder a la carpeta compartida con el listado de anexos

- Alternativa 1 → [Anexos](#)
- Alternativa 2 → [Anexos](#)