

**Formulación del proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito
para el municipio de Buenavista (Sucre)**

**María Camila Lima Amara
Julián Camilo Peña Valderrama**



MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS

Bogotá, 17 de Julio 2026

**Formulación del proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito
para el municipio de Buenavista (Sucre)**

María Camila Lima

Julián Camilo Peña

Trabajo de grado para optar por el título de Magister en Gerencia de Proyectos

Asesor: Joan David Galeano

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

GERENCIA DE PROYECTOS

BOGOTÁ

2026

DEDICATORIA

A Dios, dueño de nuestras vidas y de cada uno de nuestros sueños, por sostenernos cuando las fuerzas parecían agotarse, por levantarnos en cada caída y por recordarnos, en los momentos de duda, que con fe todo es posible. Este logro es, ante todo, un testimonio de su amor infinito.

A nuestras familias, nuestro refugio y nuestra mayor bendición. A ustedes, que renunciaron a tanto para que nosotros pudiéramos llegar hasta aquí; que con sus manos trabajadoras y su corazón generoso sembraron en nosotros los valores que hoy nos definen. Cada desvelo, cada lágrima y cada palabra de aliento suya vive en estas páginas. Todo lo que somos les pertenece, porque su amor ha sido el motor que nos impulsó a no rendirnos jamás.

A la vida, por ponernos en el camino a personas maravillosas que creyeron en nosotros incluso cuando nosotros mismos dudábamos. A cada una de ellas: gracias por su cariño sincero, por tender su mano sin esperar nada a cambio y por caminar a nuestro lado en esta travesía.

Hoy este sueño deja de ser nuestro para convertirse en el de todos ustedes. Que este logro sea apenas el primero de muchos, y que Dios nos permita seguir honrando, con trabajo y humildad, todo el amor que hemos recibido.

María C. y Julián.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Piloto de Colombia, nuestra segunda casa, gracias por formarnos como profesionales y como personas.

A nuestros docentes, gracias por su entrega y por dejar en nosotros una huella que durará toda la vida.

Y muy especialmente a nuestro asesor, Joan David Galeano: gracias por creer en nosotros, por su paciencia y por motivarnos en cada momento. Sin su guía, este sueño no habría sido posible.

María C. y Julián.

Contenido

Resumen	20
Introducción.....	23
1. Planteamiento Inicial del Proyecto	26
1.1. Antecedentes	26
1.1.1. Antecedentes del Problema, Necesidad u Oportunidad.....	26
1.1.2. Descripción del Problema o Necesidad	29
1.1.3. Objetivos.....	32
1.1.4. Matriz de Marco Lógico	34
1.2. Descripción Organización o Comunidad Fuente del Problema, Necesidad, Oportunidad o Expectativa	49
1.2.1. Descripción General - Marco Histórico de la Organización	49
1.2.2. Direccionamiento Estratégico de la Organización	50
1.2.3. Estructura Organizacional	51
1.3. Caso de Negocio (Business Case).....	52
1.3.1. Descripción de Alternativas	54
1.3.2. Criterios de Selección de Alternativas.....	55
1.3.3. Análisis de Alternativas.....	58
1.3.4. Selección de Alternativa.....	60
1.3.5. Justificación del Proyecto	60
1.4. Marco Teórico	64
1.5. Marco Metodológico	73
1.5.1. Enfoque de Investigación.....	73
1.5.2. Tipo de Investigación	74
1.5.3. Población y Muestra	75

1.5.4.	Herramientas para la Recolección de Información.....	79
2.	Estudios y Evaluaciones	97
2.1.	Estudios de Mercado.....	97
2.1.1.	Población.....	98
2.1.2.	Proyección Demanda del Mercado	99
2.1.3.	Proyección Oferta del Mercado	100
2.1.4.	Punto Equilibrio Oferta - Demanda del Mercado	101
2.1.5.	Pronóstico de Ventas y Comercialización del Producto	102
2.1.6.	Factores de Competencia del Mercado y Distintivos del Proyecto	103
2.1.7.	Determinación de Precio(s) / Estrategias de Comercialización del Producto....	104
2.2.	Estudio Técnico	105
2.2.1.	Definición Técnica y Conceptual del Proyecto - Producto.....	106
2.2.2.	Ingeniería del Proyecto - Procesos Productivos.....	110
2.2.3.	Tamaño del Proyecto	117
2.2.4.	Localización del Proyecto.....	123
2.2.5.	Organización del Proyecto (Legal, Estructura Organizacional, Personal)	130
2.2.6.	Requerimiento para el Desarrollo del Proyecto	139
2.2.7.	Supuestos y Restricciones del Proyecto.....	148
2.3.	Estudio Financiero	153
2.3.1.	Estimación del Valor de la Inversión del Proyecto.....	154
2.3.2.	Definición y Determinación de Costos y Gastos de Operación.....	166
2.3.3.	Determinación de Fuentes de Financiación, Costo de Capital y Uso de Fondos	170
2.3.4.	Flujo de Caja del Proyecto.....	176
2.3.5.	Proyección de Estados Financieros del Proyecto.....	182

2.3.6. Determinación del Flujo de Caja Neto del Proyecto	188
2.3.7. Determinación Tasa de Descuento del Proyecto	192
2.3.8. Evaluación Financiera del Proyecto.....	196
2.3.9. Análisis de Sensibilidad y Planes de Contingencia	203
2.4. Estudio Social y Ambiental	210
2.4.1. Definición del Impacto Social y Ambiental.....	211
2.4.2. Análisis, Descripción y Categorización de Beneficios y Costos Sociales. Balance Social	216
2.4.3. Análisis, Descripción y Categorización de Beneficios y Costos Ambientales..	220
2.4.4. Análisis Ciclo de Vida del Producto o Bien o Servicio o Resultado (EcoIndicador 99, ISO 14040/44/TR14047 y PAS 2050).....	225
2.4.5. Definición de Flujo de Entradas y Salidas	230
2.4.6. Cálculo de Impacto Ambiental Bajo Criterios P5TM.....	234
2.4.7. Cálculo de Huella de Carbono	236
2.4.8. Estrategias de Mitigación de Impacto Ambiental.....	239
3. Inicio y Planeación del Proyecto.....	242
3.1. Acta de Constitución del Proyecto (Project Charter)	242
3.2. Plan de Gestión del Proyecto	266
3.2.1. Plan de Gestión de los Interesados.....	266
a. Identificación y Categorización de los Interesados	267
b. Matriz de Interesados.....	270
c. Matriz de Dependencia e Influencia	276
d. Formato para Resolución de Conflictos y Gestión de Expectativas	282
3.2.2. Plan de Gestión de Alcance	287
a. Project Scope Statement (Acta de Declaración del Alcance)	288
b. Documento de Requisitos	291
c. Matriz de Trazabilidad de Requisitos.....	293

d.	Actas de Cierre de Proyecto o Fase	294
e.	Línea Base de Alcance con EDT/WBS a Quinto Nivel de Desagregación ..	298
f.	EDP.....	301
g.	Diccionario de la WBS.....	304
3.2.3.	Plan de Gestión de Comunicaciones.....	304
a.	Matriz de Comunicaciones	305
b.	Flujograma de las Comunicaciones	309
c.	Glosario de Terminología Común	315
3.2.4.	Plan de Gestión del Cronograma	316
a.	Listado de Actividades con Estimación de Duraciones Esperadas con Uso de la Distribución PERT Beta-Normal	316
b.	Línea Base Tiempo	318
c.	Diagrama de Red.....	320
d.	Cronograma - Diagrama de Gantt.....	322
e.	Nivelación de Recursos y Uso de Recursos.....	325
3.2.5.	Plan de Gestión del Costo	327
a.	Línea Base de Costos	330
b.	Presupuesto por Actividades	333
c.	Estructura de Desagregación de Recursos ReBS.....	336
d.	Estructura de Desagregación de Costos CBS	340
e.	Indicadores de Medición de Desempeño	342
f.	Aplicación Técnica del Valor Ganado con Curvas S Avance	346
3.2.6.	Plan de Gestión de Calidad	354
a.	Especificaciones Técnicas de Requerimientos	355
b.	Herramientas de Control de la Calidad (Diagrama de Flujo, Diagrama Ishikawa, Hojas de Chequeo)	358
c.	Formato Inspecciones	367
d.	Formato Auditorías	372
e.	Programa anual de auditorías.....	373
f.	Listas de Verificación de los Entregables (Producto / Servicio)	378
3.2.7.	Plan de Gestión de Recursos.....	387

a.	Identificación y Adquisición de Recursos	388
b.	Estructura Desagregación de Recursos	389
c.	Definición de Roles, Responsabilidades y Competencias del Equipo	391
d.	Matriz de Asignación de Responsabilidades (RACI) a Nivel de Paquete de Trabajo	392
e.	Histograma y Horario de Recursos	392
f.	Plan de Capacitación y Desarrollo del Equipo	394
g.	Identificación de Procesos de Seguridad y Salud en el Trabajo	394
h.	Esquema de Contratación y Liberación del Personal	395
i.	Definición de Indicadores de Medición de Desempeño del Equipo y Esquema de Incentivos y Recompensas	395
j.	Identificación de Habilidades Blandas (Liderazgo, Empoderamiento, Creatividad, Innovación, Trabajo Colaborativo, Manejo de Conflictos y Comunicación Asertiva) Para el Desarrollo del Proyecto.....	395
3.2.8.	Plan de Gestión del Riesgo	396
a.	Identificación de Riesgos y Determinación de Umbral	396
b.	Risk Breakdown Structure (RiBS)	398
c.	Análisis de Riesgos del Proyecto	399
d.	Matriz de Riesgos	400
e.	Plan de Respuesta a Riesgo, Rastreando y Monitoreando los Riesgos Residuales	401
3.2.9.	Plan de Gestión de Adquisiciones	402
a.	Definición y Criterios de Valoración de Proveedores.....	403
b.	Selección y Tipificación de Contratos	404
c.	Criterios de Contratación, Ejecución y Control de Compras y Contratos	404
d.	Cronograma de Compras con la Asignación de Responsable.....	405
e.	Sostenibilidad en el Proceso de Adquisiciones.....	406
4.	Lecciones Aprendidas	408
5.	Conclusiones y Recomendaciones	410
6.	Referencias	413
7.	Anexos.....	424

Listado de Tablas

Tabla 1. Matriz de Marco Lógico del proyecto de formulación de la actualización catastral con enfoque multipropósito para Buenavista (Sucre).....	35
Tabla 2. Escala de criterios	57
Tabla 3. Evaluación de alternativas para el problema central.....	59
Tabla 4. Matriz conceptual de trazabilidad de fuentes de información	96
Tabla 5. Composición detallada de los activos fijos del proyecto	155
Tabla 6. Vida útil esperada y criterios de depreciación de los activos fijos	157
Tabla 7. Composición detallada de la inversión pre-operativa.....	159
Tabla 8. Detalle de las pólizas contractuales requeridas.....	160
Tabla 9. Composición funcional del capital de trabajo.....	162
Tabla 10. Composición de la inversión del proyecto por categoría.....	165
Tabla 11. Cascada presupuestaria del proyecto según PMBOK 8ª edición.....	166
Tabla 12. Distribución de los costos directos por categoría funcional	169
Tabla 13. Tabla de fuentes y usos del proyecto	171
Tabla 14. Análisis comparativo de cinco estructuras de capital alternativas.....	173
Tabla 15. Cronograma proyectado de la línea de crédito revolviente.....	174
Tabla 16. Cronograma de hitos, facturación y cobro del proyecto	177
Tabla 17. Flujo de caja mensual detallado del proyecto	178
Tabla 18. Estado de resultados proyectado consolidado del proyecto.....	182
Tabla 19. Flujo de tesorería resumido por trimestre	184
Tabla 20. Balance general proyectado en cuatro cortes temporales relevantes	185

Tabla 21. Ratios financieros consolidados del proyecto.....	186
Tabla 22. Flujo de caja libre del proyecto (FCFF) por mes	189
Tabla 23. Descomposición del valor económico generado por el proyecto	191
Tabla 24. Cálculo del WACC del proyecto	193
Tabla 25. Comparación del WACC del proyecto con referentes del mercado	194
Tabla 26. Análisis de sensibilidad del WACC a variaciones de parámetros	195
Tabla 27. Tablero consolidado de indicadores de evaluación financiera	197
Tabla 28. Análisis del punto de equilibrio del proyecto	199
Tabla 29. Indicadores financieros complementarios del proyecto.....	200
Tabla 30. Análisis de escenarios alternativos de evaluación financiera	202
Tabla 31. Sensibilidad de la utilidad neta a variables críticas	204
Tabla 32. Matriz cuantitativa de riesgos financieros del proyecto	205
Tabla 33. Plan de respuestas a riesgos financieros · estrategias PMBOK 8ª edición	207
Tabla 34. Plan de monitoreo y control financiero del proyecto.....	208
Tabla 35. Plan de comunicaciones del componente financiero de riesgos	210
Tabla 36. Balance ambiental del proyecto	223
Tabla 37. Datos Generales del Proyecto	242
Tabla 38. Objetivos específicos	245
Tabla 39. Entregables Principales.....	249
Tabla 40. Calendario de los Siete Hitos Contractuales	251
Tabla 41. Cascada Presupuestaria PMI.....	252
Tabla 42. Indicadores de Viabilidad Financiera	253
Tabla 43. Interesados Clave (Stakeholders).....	254

Tabla 44. Riesgos de Alto Nivel	255
Tabla 45. Supuestos y Restricciones.....	256
Tabla 46. Criterios de Éxito y Condiciones de Pago	257
Tabla 47. Estructura de Roles (Alto Nivel).....	260
Tabla 48. Cuentas de Control de la EDT	261
Tabla 49. Plan de Comunicaciones por Interesado	264
Tabla 50. Autorización del Proyecto – Firmas	265
Tabla 51. Marco de Referencia – Fuentes Consultadas	265
Tabla 52. Criterios de categorización de los interesados	268
Tabla 53. Estrategia genérica por cuadrante de la matriz Poder × Interés.....	271
Tabla 54. Tipologías Salience aplicadas a los interesados del proyecto.....	273
Tabla 55. Niveles de involucramiento: actual (A) versus deseado (D) — interesados clave	274
Tabla 56. Análisis por cuadrante de la matriz Dependencia × Influencia.	277
Tabla 57. Líneas de acción derivadas del análisis de dependencia e influencia.....	280
Tabla 58. Detalle operativo del protocolo de escalamiento — niveles N1 a N5.	283
Tabla 59. Técnicas de manejo Thomas–Kilman y su aplicación al proyecto	285
Tabla 60. Indicadores de desempeño del Plan de Gestión de los Interesados.	286
Tabla 61. Acta de Declaración del Alcance del proyecto (Project Scope Statement)	288
Tabla 62. Categorización de los requisitos del proyecto por tipología PMI.....	291
Tabla 63. Plantilla de Acta de Cierre de Fase del proyecto	295
Tabla 64. Plantilla de Acta de Cierre del Proyecto	296
Tabla 65. Estructura de Desglose del Producto (EDP)	302
Tabla 66. Componentes estructurales de la matriz de comunicaciones del proyecto.	306

Tabla 67. Régimen de confidencialidad y trazabilidad de las comunicaciones.....	308
Tabla 68. Tipos de flujo comunicacional del proyecto y sus mecanismos de gestión.....	312
Tabla 69. Detalle de los cinco niveles de escalamiento de la información y sus reglas operativas	313
Tabla 70. Estimación PERT beta-normal agregada por hito contractual del proyecto.....	317
Tabla 71. Línea base de tiempo del proyecto por hito contractual	319
Tabla 72. Cuentas de control y paquetes de trabajo de la ruta crítica del proyecto	324
Tabla 73. Modelo conceptual del Plan de Gestión de los Costos	329
Tabla 74. Cascada presupuestaria del proyecto conforme al PMBOK 8ª edición.....	330
Tabla 75. Tres líneas de control financiero del proyecto, sus umbrales y autoridades.....	331
Tabla 76. Distribución del presupuesto del proyecto por fases — articulación con la EDT y los hitos.....	334
Tabla 77. Detalle de las veintiún cuentas de control del proyecto.....	335
Tabla 78. Estructura de Desglose de Recursos (ReBS) del proyecto	337
Tabla 79. Detalle de los doce roles permanentes del equipo del operador y su articulación con el registro de interesados del subacápite 3.2.1.a.	338
Tabla 80. Estructura de Desglose de Costos (CBS) del proyecto.....	340
Tabla 81. Articulación de las cinco categorías de la CBS con las categorías de la ReBS y los componentes principales de la EDT	341
Tabla 82. Métricas básicas del valor ganado del proyecto	343
Tabla 83. Variaciones e índices de desempeño del proyecto.....	344
Tabla 84. Indicadores de proyección de cierre del proyecto.....	345
Tabla 85. Umbrales de control y respuestas escalonadas del proyecto	345

Tabla 86. Lectura por período de la curva S del proyecto (S46/2025 – S23/2026).....	348
Tabla 87. Distribución mensual de la línea base de costos del proyecto.	349
Tabla 88. Distribución de la línea base de costos por hito contractual.	350
Tabla 89. Gestión del valor ganado	351
Tabla 90. Formato del reporte EVM mensual del proyecto.....	352
Tabla 91. Simulación de tres escenarios EVM al mes 6 del proyecto (data date posterior al Hito 4).	353
Tabla 92. Protocolo de respuesta del proyecto según escenario activado	354
Tabla 93. Distribución de los cuarenta requerimientos técnicos de calidad por bloque temático.	356
Tabla 94. Matriz de trazabilidad de requerimientos de calidad por hito contractual.	358
Tabla 95. Flujograma del proceso de control de la calidad del proyecto.....	359
Tabla 96. Diagrama de Ishikawa expresado en estructura tabular jerárquica. Efecto: entregable con índice $Q < 95 \%$	361
Tabla 97. Estructura de la hoja de chequeo HC-FIS-01 para el componente Físico	363
Tabla 98. Diagrama de Pareto: categorías de defectos esperados con frecuencia relativa y acumulada.	364
Tabla 99. Parámetros del gráfico de control del índice de conformidad Q.	365
Tabla 100. Representación tabular del gráfico de control del índice Q con zonas de Western Electric.	366
Tabla 101. Tipología de inspecciones aplicadas en el proyecto.	367
Tabla 102. Estructura del Formato FI-Q01 — Ficha de inspección.	368
Tabla 103. Bloque 2. Objeto y alcance	369

Tabla 104. Tabla de criterios verificados (cuerpo principal del formato FI-Q01).....	369
Tabla 105. Escala de calificación de la inspección y decisión asociada.....	370
Tabla 106. Bloque 5. Resultado, firmas y trazabilidad.....	371
Tabla 107. Procedimiento operativo de aplicación del formato FI-Q01.....	372
Tabla 108. Formato FA-Q01 — Bloque 1: información general.....	373
Tabla 109. Bloque 2. Criterios y alcance	374
Tabla 110. Bloque 3. Equipo auditor	374
Tabla 111. Formato FA-Q01 — Bloque 4: registro de hallazgos.....	375
Tabla 112. Bloque 5. Conclusiones y firmas	376
Tabla 113. Clasificación, criterios y SLA de tratamiento de no conformidades.	376
Tabla 114. Estructura del registro consolidado de no conformidades del proyecto.	377
Tabla 115. Inventario de listas de verificación del proyecto.	379
Tabla 116. Lista de verificación LV-FIS-01 - Componente Físico.	379
Tabla 117. Lista de verificación LV-JUR-01 - Componente Jurídico.....	381
Tabla 118. Lista de verificación LV-ECO-01 - Componente Económico.....	383
Tabla 119. Lista de verificación LV-SOC-01 - Componente Social y PDI.....	384
Tabla 120. Lista de verificación LV-INT-01 — Integración LADM_COL / XTF.	385
Tabla 121. Estados posibles de un ítem de la lista de verificación y consecuencia operativa...	387
Tabla 122. Mecanismos de adquisición de recursos del proyecto	388
Tabla 123. Roles, responsabilidades principales y perfil mínimo del equipo del proyecto.....	391
Tabla 124. Extracto de la matriz RACI - Ciclos operativos H2 a H6.....	392
Tabla 125. Plan de capacitación del equipo del proyecto	394
Tabla 126. Esquema temporal de contratación y liberación del personal.....	395

Tabla 127. Identificación de habilidades blandas	395
Tabla 128. Umbrales de aceptación y disparadores de respuesta del proyecto	397
Tabla 129. Análisis cuantitativo de riesgos por categoría RiBS — Valor Monetario Esperado consolidado	399
Tabla 130. Distribución de estrategias de respuesta del catálogo de riesgos.....	401
Tabla 131. Criterios ponderados de valoración de proveedores	403
Tabla 132. Tipificación contractual por categoría de adquisición	404
Tabla 133. Cronograma macro de compras del proyecto	405
Tabla 134. Dimensiones de sostenibilidad aplicadas a las adquisiciones.....	406

Listado de ilustraciones

Ilustración 1. Ubicación geográfica del municipio de Buenavista (Sucre)	27
Ilustración 2. Árbol de problemas	31
Ilustración 3. Árbol de objetivos	33
Ilustración 4. Estructura conceptual del macroproceso productivo del proyecto.....	111
Ilustración 5. Dimensionamiento del tamaño del proyecto por unidad de intervención territorial	119
Ilustración 6. Localización del proyecto..	124
Ilustración 7. caracterización territorial integral del municipio como contexto del proyecto...	128
Ilustración 8. Unidades de intervención territorial.....	128
Ilustración 9. Organigrama funcional del proyecto.....	132
Ilustración 10. Relaciones de gobernanza del proyecto	136
Ilustración 11. Dimensionamiento integrado de los requerimientos materiales del proyecto...	145
Ilustración 12. Distribución mensual y acumulada del capital de trabajo durante los 13 meses del proyecto.....	164
Ilustración 13. Curva S del proyecto con las tres capas de la cascada PMI.....	168
Ilustración 14. Cronograma del crédito comercial preferencial: desembolsos, amortizaciones y saldo del crédito	175
Ilustración 15. Flujo de caja mensual neto y caja acumulada del proyecto	180
Ilustración 16. Estado de resultados mensual del proyecto: ingresos por facturación, costos operativos y utilidad operativa acumulada	187
Ilustración 17. Sensibilidad del VPN al WACC y análisis de escenarios alternativos de evaluación	201

Ilustración 18. Análisis de sensibilidad de la utilidad neta a la tasa de financiación y al retraso en cobros	203
Ilustración 19. Matriz de riesgos financieros del proyecto · plano probabilidad-impacto	205
Ilustración 20. Ciclo de vida del servicio catastral aplicado al proyecto	227
Ilustración 21. Diagrama integral del flujo de entradas y salidas del proyecto.....	233
Ilustración 22. Composición estimada de la huella de carbono del proyecto	238
Ilustración 23. Cronograma de alto nivel del proyecto con las cinco fases y los siete hitos contractuales	250
Ilustración 24. Organigrama del equipo del proyecto · Estructura jerárquica y funcional	258
Ilustración 25. Estructura de Desglose del Trabajo · Niveles 1-3 del proyecto	259
Ilustración 26. Matriz Poder × Interés según Mendelow (1991), aplicada a los dieciocho interesados del proyecto.....	270
Ilustración 27. Matriz tridimensional Poder × Influencia × Interés (PMBOK 8ª ed.).	272
Ilustración 28. Matriz Dependencia × Influencia para los dieciocho interesados del proyecto	277
Ilustración 29. Mapa de calor de la dependencia del proyecto respecto a doce interesados clave, en seis dimensiones.....	279
Ilustración 30. Protocolo de escalamiento de conflictos en cinco niveles	283
Ilustración 31. EDT Proyecto.....	300
Ilustración 32. Caracterización de las veinte comunicaciones formales del proyecto	307
Ilustración 33. Flujograma maestro de las comunicaciones del proyecto	311
Ilustración 34. Línea base tiempo.....	319
Ilustración 35. Diagrama de red del proyecto por hitos contractuales H0 a H7.....	321
Ilustración 36. Diagrama de Gantt agregado.....	323

Ilustración 37. Ruta crítica del proyecto	325
Ilustración 38. Histograma de uso de recursos del proyecto a lo largo del proyecto	326
Ilustración 39. Curva S del proyecto — PV, EV y AC acumulados (Semana 46/2025 a Semana 23/2026)	347
Ilustración 40. Estructura de Desagregación de Recursos del proyecto.....	390
Ilustración 41. Histograma de uso de recursos del proyecto	393
Ilustración 42. Estructura de Desagregación de Riesgos (RiBS) del proyecto.	398
Ilustración 43. Matriz de riesgos del proyecto — Mapa de calor probabilidad × impacto.	400

Resumen

La modernización catastral constituye uno de los pilares estructurales para el fortalecimiento de la gestión territorial, la sostenibilidad fiscal y la seguridad jurídica sobre la propiedad en Colombia. El Documento CONPES 3958 de 2019 reconoce la necesidad de superar el rezago histórico en la actualización predial mediante la implementación del Catastro Multipropósito, entendido como un sistema integral que articula información física, jurídica, económica y social del territorio. En este contexto, el municipio de Buenavista (Sucre) presenta inconsistencias en su base catastral asociadas a desactualización, divergencias gráficas, alfanuméricas y limitaciones en la articulación interinstitucional, lo que restringe su capacidad de planificación y administración fiscal.

El presente trabajo tiene como objetivo formular un proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito para el municipio de Buenavista, definiendo su alcance, recursos, cronograma y mecanismos de control conforme a los lineamientos técnicos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). La investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, orientado a la caracterización sistemática de variables territoriales y a la estructuración de un modelo de formulación técnicamente verificable.

Como aporte principal, el estudio propone una arquitectura metodológica integral que articula herramientas de diagnóstico territorial, análisis multicriterio, definición de indicadores de desempeño y estructuración organizacional, configurando un modelo replicable de formulación de proyectos de actualización catastral en municipios con alta ruralidad. El trabajo contribuye tanto al fortalecimiento institucional territorial como a la disciplina de la gerencia de proyectos públicos aplicada a procesos catastrales multipropósito.

PALABRAS CLAVE

Catastro Multipropósito, formulación de proyectos, gestión territorial, gerencia de proyectos públicos, actualización catastral.

ABSTRACT

The modernization of cadastral systems constitutes a structural pillar for strengthening territorial governance, fiscal sustainability, and legal security over property rights in Colombia. The National Multipurpose Cadastre Policy (CONPES 3958, 2019) establishes the need to overcome the historical lag in property identification and valuation through the implementation of an integrated cadastral system that incorporates physical, legal, economic, and social dimensions of land administration. In this context, the municipality of Buenavista (Sucre) presents inconsistencies in its cadastral database associated with outdated information, graphics, alphanumeric discrepancies, and limited institutional articulation, which restrict its planning and fiscal management capacity.

This research aims to formulate a multipurpose cadastral update project for Buenavista, defining its scope, required resources, operational structure, and control mechanisms in accordance with the technical guidelines established by the Agustín Codazzi Geographic Institute (IGAC). The study adopts a quantitative and descriptive research approach focused on the systematic characterization of territorial variables as a basis for structured project design.

The main contribution of this work lies in the development of an integrated formulation framework that combines territorial diagnosis, alternative evaluation, logical framework structuring, performance indicators, and projected operational architecture. The study provides a replicable methodological model for the formulation of multipurpose cadastral projects in

municipalities with high rurality, contributing to both territorial institutional strengthening and public project management practice.

KEY WORDS

Multipurpose Cadastre; Project Formulation; Land Administration; Territorial Governance; Public Project Management; Cadastral Modernization.

Introducción

La información catastral constituye un insumo estratégico para la gestión del territorio, la planificación del uso del suelo, la administración tributaria y la garantía de seguridad jurídica sobre la propiedad. En Colombia, el rezago histórico en la actualización de los catastros municipales ha generado brechas significativas entre la realidad física y jurídica del territorio y los registros oficiales disponibles, afectando la eficiencia fiscal, la transparencia administrativa y la toma de decisiones públicas basadas en evidencia. Como respuesta estructural a esta problemática, el Estado colombiano adoptó la Política Nacional de Catastro Multipropósito mediante el CONPES 3958 de 2019, orientada a consolidar un sistema moderno, interoperable y permanentemente actualizado, articulado con el registro de la propiedad y con los instrumentos de ordenamiento territorial.

El municipio de Buenavista, ubicado en el departamento de Sucre, presenta condiciones territoriales caracterizadas por alta ruralidad, dispersión poblacional y dinámicas productivas agropecuarias que complejizan la gestión predial. Los diagnósticos técnicos disponibles evidencian inconsistencias en la información catastral vigente, tales como diferencias en áreas registradas, registros duplicados, omisiones de construcciones y limitaciones en la articulación entre componentes físico, jurídico y económico. Estas condiciones restringen la capacidad institucional del municipio para ejercer de manera eficiente sus competencias en materia de planeación y administración fiscal.

En este contexto, surge la necesidad de estructurar técnicamente una intervención que permita definir con claridad el alcance, los recursos, la programación y los mecanismos de control requeridos para un proceso integral de actualización catastral. Sin embargo, antes de ejecutar un proyecto de esta magnitud, resulta indispensable desarrollar una fase rigurosa de

formulación que reduzca incertidumbre, optimice el uso de recursos públicos y garantice coherencia normativa y técnica. Desde la perspectiva de la gerencia de proyectos, la formulación constituye una etapa crítica de preinversión que permite delimitar supuestos, identificar riesgos, estructurar indicadores de desempeño y establecer mecanismos de aseguramiento de calidad.

El presente trabajo tiene como propósito formular el proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito para el municipio de Buenavista (Sucre), integrando dimensiones físicas, jurídicas, económicas y sociales bajo un marco metodológico cuantitativo de tipo descriptivo. La investigación se orienta a caracterizar sistemáticamente la situación territorial como insumo para la estructuración del proyecto, sin abordar su ejecución directa.

Metodológicamente, el estudio combina herramientas de diagnóstico técnico, análisis multicriterio para selección de alternativas, estructuración de matriz de marco lógico, definición de indicadores de desempeño y diseño de arquitectura operativa proyectada para la eventual fase de ejecución. El enfoque adoptado permite garantizar trazabilidad, verificabilidad técnica y alineación con los lineamientos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi y con estándares internacionales como el modelo LADM.

El documento se estructura en tres grandes bloques. En primer lugar, se desarrolla el planteamiento inicial del proyecto, incluyendo antecedentes, definición del problema, objetivos y marco lógico. En segundo lugar, se presentan los estudios y evaluaciones técnicas, económicas y sociales que soportan la formulación. Finalmente, se aborda la fase de inicio y planeación del proyecto, incorporando los planes de gestión conforme a los principios de la gerencia de proyectos.

De esta manera, la investigación no se limita a describir una problemática territorial, sino que propone un modelo estructurado de formulación de proyectos de actualización catastral

multipropósito aplicable a contextos municipales con características similares, contribuyendo tanto al fortalecimiento institucional territorial como al campo de la gerencia de proyectos públicos.

1. Planteamiento Inicial del Proyecto

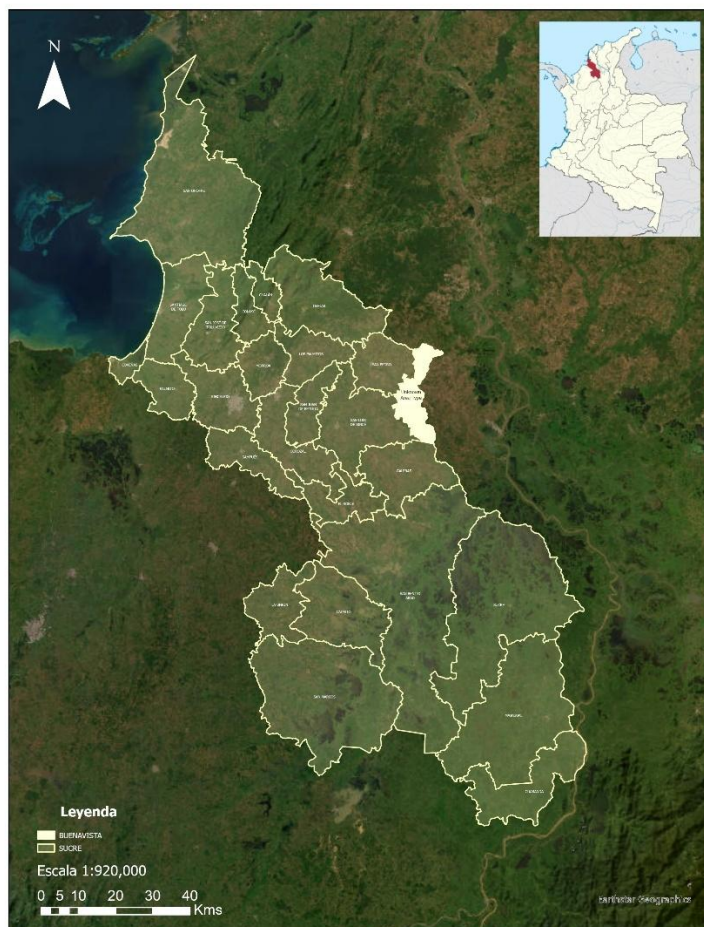
1.1. Antecedentes

1.1.1. Antecedentes del Problema, Necesidad u Oportunidad

El municipio de Buenavista se localiza en el departamento de Sucre, dentro de la subregión sabanal, y se sitúa aproximadamente en las coordenadas geográficas 9°19'11" de latitud norte y 74°58'18" de longitud oeste. Su extensión territorial es de 124 km², de acuerdo con la información oficial reportada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC (2025). Desde el punto de vista administrativo, limita al norte con los municipios de San Pedro (Sucre) y Córdoba (Bolívar); al oriente con el municipio de Magangué (Bolívar); al occidente con San Pedro y San Luis de Sincé (Sucre); y al sur con el municipio de Galeras (Sucre). La ubicación geográfica del municipio y su relación con los territorios colindantes se presentan en la ilustración 1, la cual permite contextualizar espacialmente el área de intervención del proyecto.

Ilustración 1.

Ubicación geográfica del municipio de Buenavista (Sucre)



Fuente Construcción del autor.

La cabecera municipal se encuentra a una altitud aproximada de 87 metros sobre el nivel del mar y presenta una temperatura media cercana a los 28 °C, propia de un clima cálido tropical. Estas condiciones climáticas, en conjunto con la vocación de los suelos, favorecen el desarrollo de actividades agropecuarias y ganaderas, las cuales constituyen uno de los principales soportes de la economía local y determinan patrones específicos de ocupación y uso del suelo.

El ordenamiento territorial del municipio se rige por la Resolución 188 de 2008, mediante la cual se adopta el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) vigente. Este instrumento

define el perímetro urbano de la cabecera municipal y reconoce adicionalmente la condición urbana de los centros poblados Las Chichas, Costa Rica, Providencia y Los Anones, estableciendo directrices para el uso, ocupación y aprovechamiento del suelo, así como lineamientos para la planificación del desarrollo urbano y rural.

Desde el punto de vista socioeconómico, la estructura productiva del municipio se sustenta principalmente en actividades agropecuarias, ganaderas y en la producción de cultivos transitorios, complementadas por dinámicas comerciales asociadas al intercambio de bienes y servicios con los municipios vecinos. La cabecera municipal concentra la mayor parte de la población, el comercio minorista, los servicios administrativos y la infraestructura educativa y de salud.

En el área rural predominan asentamientos dispersos y centros poblados con vocación agrícola y pecuaria, articulados a través de una red vial secundaria y terciaria que conecta al municipio con San Pedro, Magangué, Galeras y San Luis de Sincé. Esta configuración territorial, caracterizada por la dispersión poblacional y la heterogeneidad en los usos del suelo, incide de manera directa en la planeación operativa del proceso de actualización catastral, particularmente en la definición de las Unidades de Intervención Territorial (UIT), la programación de actividades de campo y la estimación de recursos.

En este contexto, la formulación del proyecto para el municipio de Buenavista (Sucre) se enmarca en el marco de la Política Nacional de Catastro Multipropósito, adoptada mediante el CONPES 3958 de 2019, cuyo propósito es consolidar un sistema catastral moderno, interoperable y permanentemente actualizado, que sirva como soporte para los instrumentos de planificación territorial, la gestión fiscal y la seguridad jurídica sobre la propiedad.

En desarrollo de esta política, los estudios de diagnóstico catastral realizados para el municipio evidenciaron la existencia de debilidades estructurales en la información predial disponible, manifestadas en inconsistencias entre la cartografía y los atributos alfanuméricos, diferencias significativas en las áreas registradas de los predios, presencia de registros duplicados y predios en condición de omisión (falta de inclusión de predios, construcciones o atributos en el conjunto de datos cartográficos) y comisión (datos que redundan, sobran o son erróneos con respecto a los datos reales). Estas situaciones evidencian un rezago histórico en los procesos de actualización catastral y de la limitada capacidad institucional para mantener una base de datos predial coherente y confiable.

Dicho rezago se encuentra estrechamente relacionado con las particularidades territoriales del municipio, caracterizadas por una marcada vocación rural y por procesos históricos de ocupación del suelo influenciados por dinámicas sociales y económicas propias de la región. Estas condiciones han incidido en las formas de tenencia y uso del suelo, complejizando la gestión predial, gestión del riesgo de desastres y dificultando la consolidación de un catastro articulado entre sus componentes físico, jurídico y económico.

En este contexto, el proceso de actualización catastral con enfoque multipropósito se configura como una respuesta institucional orientada no solo a la corrección técnica de la información predial, sino también al fortalecimiento de la gestión territorial y de la capacidad de planificación del municipio, mediante la generación de información geográfica confiable, integral y actualizada.

1.1.2. Descripción del Problema o Necesidad

La información catastral constituye un insumo estratégico para la gestión y estructuración de instrumentos de planificación territorial y la administración fiscal de los municipios, en tanto

permite representar de manera integrada la realidad física, jurídica y económica de los predios. En este sentido, la Política Nacional de Catastro Multipropósito establece la necesidad de contar con catastros modernos, interoperables y permanentemente actualizados, capaces de articularse con otros sistemas de información del Estado y de servir como soporte para la formulación de políticas públicas basadas en evidencia.

No obstante, en el municipio de Buenavista (Sucre) la base catastral existente presenta deficiencias estructurales asociadas a su desactualización y a la limitada coherencia entre sus componentes gráfico y alfanumérico. Los diagnósticos técnicos realizados evidencian la presencia de inconsistencias en las áreas registradas de los predios, registros duplicados, lo que impide que la información predial refleje de manera precisa la realidad territorial del municipio.

Adicionalmente, las particularidades territoriales de Buenavista, caracterizadas por una marcada vocación rural y por procesos históricos de ocupación del suelo influenciados por dinámicas sociales y económicas propias de la región, han configurado formas complejas de tenencia y uso del suelo. Estas condiciones han dificultado la consolidación de un catastro articulado entre los componentes físico, jurídico y económico, incrementando el riesgo de desactualización permanente de la información predial y limitando su aprovechamiento para fines de planeación y gestión pública.

Como consecuencia de lo anterior, el municipio enfrenta restricciones para garantizar la seguridad jurídica sobre la propiedad, establecer una base confiable para el recaudo del impuesto predial y formular instrumentos de ordenamiento territorial sustentados en información precisa y actualizada. En este contexto, se hace necesario implementar un proceso integral de actualización catastral con enfoque multipropósito que permita corregir las deficiencias técnicas identificadas,

fortalecer la coherencia entre los distintos componentes del catastro y generar información territorial confiable que soporte la gestión institucional y el desarrollo local.

Árbol de problemas

El árbol de problemas se elaboró con base en un diagnóstico de la situación particular del municipio de Buenavista (Sucre), considerando las características de su información catastral vigente, los procesos históricos de ocupación del suelo y las capacidades institucionales para la gestión territorial. Este análisis permitió delimitar una problemática específica relacionada con la disponibilidad de información catastral confiable, actualizada y articulada, así como establecer sus principales causas estructurales y los efectos que genera sobre la planificación territorial, la gestión fiscal y la seguridad jurídica de la propiedad (Ilustración 2).

Ilustración 2.

Árbol de problemas



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

1.1.3. Objetivos

Objetivo General

Formular un proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito para el municipio de Buenavista (Sucre), orientado a definir el alcance, los recursos, el cronograma y los mecanismos de control necesarios para su eventual ejecución conforme a los lineamientos del IGAC con datos actualizados que sirvan de insumo para los distintos instrumentos de planificación municipal.

Objetivos Específicos

- Analizar el estado actual de la información catastral del municipio de Buenavista (Sucre) como insumo para la formulación del proyecto de actualización catastral.
- Definir el alcance del proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito, conforme a los lineamientos técnicos del IGAC.
- Estimar los recursos humanos, tecnológicos y financieros requeridos para la eventual ejecución del proyecto.
- Formular el cronograma general del proyecto, estableciendo las fases, actividades y tiempos estimados para su desarrollo.
- Establecer los mecanismos de seguimiento, control y aseguramiento de la calidad del proyecto, orientados a garantizar la conformidad con los estándares del IGAC.

Árbol de objetivos

Teniendo en cuenta el árbol de problemas, se empieza a evidenciar las mejoras que se tendrían implementando este proyecto (Ilustración 3).

Ilustración 3.

Árbol de objetivos



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

1.1.4. Matriz de Marco Lógico

A continuación, se presenta la Matriz de Marco Lógico correspondiente a la formulación del proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito para el municipio de Buenavista (Sucre).

La Matriz de Marco Lógico se construyó a partir del análisis del problema identificado y del árbol de objetivos formulado, constituyéndose en una herramienta de planificación que permite estructurar de manera lógica y coherente los fines, propósitos y componentes del proyecto. Esta matriz traduce los objetivos planteados en resultados verificables, definiendo indicadores medibles, los medios de verificación y los supuestos externos que condicionan su desarrollo.

Con el fin de garantizar la verificabilidad objetiva de los resultados, los indicadores definidos incorporan métricas de tiempo, cobertura y calidad, y se acompañan de la descripción del método de cálculo correspondiente, permitiendo evaluar su cumplimiento de forma sistemática y reproducible (Tabla 1).

Tabla 1.

Matriz de Marco Lógico del proyecto de formulación de la actualización catastral con enfoque multipropósito para Buenavista (Sucre)

Nivel	Descripción	Indicador (variable medible)	Medio de verificación	Supuestos
Fin	Contribuir al fortalecimiento de la gestión territorial y fiscal del municipio de Buenavista (Sucre) mediante la formulación del proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito.	Índice de calidad del proyecto formulado, expresado como el grado de conformidad técnica con los lineamientos del IGAC.	Documento final del proyecto y matriz de evaluación de conformidad técnica elaborada con base en los requisitos, actividades y entregables definidos en el Anexo Técnico del IGAC para los procesos de formación y/o actualización catastral con enfoque multipropósito.	La política pública de Catastro Multipropósito mantiene su orientación estratégica a nivel nacional y departamental, y el municipio conserva capacidad institucional para incorporar la formulación dentro de su agenda de planificación territorial.
Propósito	Formular el proyecto definiendo alcance, recursos, cronograma y mecanismos de control conforme a los lineamientos del IGAC, como respuesta a las inconsistencias catastrales identificadas	Índice de desempeño de la formulación del proyecto, basado en métricas de tiempo, costo y calidad.	Documento de formulación del proyecto, actas de revisión y validación técnica, matriz de costos de la formulación y cronograma del proceso de formulación.	Existe gobernanza interinstitucional suficiente entre el municipio y las entidades técnicas competentes para garantizar flujo de información, articulación normativa y respaldo administrativo al proceso de formulación.
Diagnóstico de la situación catastral del municipio	Analizar el estado actual de la información catastral del municipio como insumo para la formulación del proyecto de actualización	Porcentaje de inconsistencias catastrales identificadas y caracterizadas en relación con la	Informe de diagnóstico técnico y anexos de revisión de bases de datos y capas cartográficas.	La información catastral disponible representa de manera razonablemente fiel la estructura predial existente, permitiendo realizar análisis

Nivel	Descripción	Indicador (variable medible)	Medio de verificación	Supuestos
	catastral con enfoque multipropósito.	información catastral analizada.		comparativos sin distorsiones estructurales significativas.
Alcance del proyecto de actualización catastral	Definir el alcance del proyecto conforme a los lineamientos técnicos del IGAC, incorporando las problemáticas catastrales identificadas en el diagnóstico.	Índice de conformidad técnica del alcance del proyecto frente a los lineamientos del IGAC.	Documento de alcance del proyecto y matriz de evaluación de conformidad técnica elaborada con base en los criterios establecidos en el Anexo Técnico del IGAC.	El marco normativo y técnico aplicable al proceso de actualización catastral mantiene estabilidad durante el período de formulación, evitando redefiniciones estructurales del modelo metodológico.
Estimación de recursos humanos, tecnológicos y financieros	Estimar los recursos humanos, tecnológicos y financieros requeridos para la eventual ejecución del proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito.	Desviación porcentual del costo total estimado del proyecto respecto al costo base calculado con criterios técnicos.	Matriz de recursos del proyecto, presupuesto estimado de la formulación y supuestos de costeo documentados.	Las condiciones macroeconómicas y de mercado no presentan variaciones abruptas que alteren significativamente los parámetros de estimación de costos y rendimientos técnicos utilizados.
Cronograma general del proyecto	Formular el cronograma general del proyecto, definiendo fases, actividades, secuencias y tiempos estimados para su desarrollo.	Índice de consistencia del cronograma del proyecto frente al alcance definido.	Cronograma del proyecto, Estructura de Desglose de Trabajo (EDT/WBS) y diccionario de actividades.	El entorno territorial y las dinámicas sociales del municipio permiten estructurar una programación basada en escenarios operativos previsibles, sin restricciones estructurales prolongadas de acceso o movilidad.
Sistema de seguimiento, control y aseguramiento de la calidad	Definir los mecanismos de seguimiento, control y aseguramiento de la calidad del proyecto, conforme a los lineamientos técnicos del IGAC.	Índice de cobertura del sistema de seguimiento, control y aseguramiento de la calidad frente a los lineamientos del IGAC.	Documento del sistema de seguimiento, control y aseguramiento de la calidad del proyecto y matrices de control definidas en la formulación.	Las instancias institucionales competentes reconocen el enfoque metodológico propuesto como técnicamente válido y susceptible de adopción en una eventual fase de ejecución.

Fuente. Construcción del autor acorde al proyecto

La medición de los indicadores se fundamenta en métricas asociadas al desempeño temporal, financiero y técnico del proceso de formulación del proyecto. La calidad se evalúa a partir del grado de conformidad del proyecto formulado con los lineamientos técnicos del IGAC y con las inconsistencias catastrales identificadas en el diagnóstico. El desempeño temporal se mide como la desviación entre los plazos planificados y los plazos reales de formulación, mientras que el desempeño en costos se evalúa como la desviación entre la estimación presupuestal basada en el diagnóstico técnico y la estimación final del proyecto.

Indicador del Fin: Índice de calidad del proyecto formulado

Para la medición del indicador de calidad del proyecto formulado se elaboró una matriz de evaluación de conformidad técnica con base en los requisitos, actividades y entregables definidos en el Anexo Técnico del IGAC para los procesos de formación y/o actualización catastral con enfoque multipropósito. Este instrumento permitió evaluar de manera sistemática el grado de conformidad del proyecto propuesto frente a los estándares técnicos vigentes, así como su correspondencia con las problemáticas catastrales identificadas en el diagnóstico.

La calidad técnica del proyecto formulado se determina mediante el siguiente índice:

$$Q = \frac{R_{Cumplidos}}{R_{Evaluados}} * 100$$

Donde:

$R_{Cumplidos}$ Corresponde al total de actividades y entregables establecidos en el Anexo Técnico del IGAC para los procesos de formación y/o actualización catastral con enfoque multipropósito que resultan aplicables a la formulación del proyecto.

$R_{Evaluados}$ corresponde al total de actividades y entregables establecidos en el Anexo Técnico del IGAC para los procesos de formación y/o actualización catastral con enfoque multipropósito que resultan aplicables a la formulación del proyecto.

Como criterio de referencia para la evaluación del indicador, se establece como meta un valor igual o superior al 95 %:

$$Q \geq 95\%$$

Considerando que el objetivo en el nivel del Fin es la formulación de un proyecto técnicamente consistente, se prioriza la dimensión de calidad en la evaluación de este indicador, en tanto el valor del proyecto formulado se sustenta principalmente en su conformidad técnica con los lineamientos definidos en el Anexo Técnico del IGAC y en su pertinencia frente a las problemáticas catastrales diagnosticadas para el municipio.

Indicador del Propósito: Índice de desempeño de la formulación (T–C–Q)

Con el propósito de evaluar de manera integral el desempeño del proceso de formulación del proyecto, se define un indicador compuesto que articula métricas asociadas al tiempo, el costo y la calidad. Este enfoque permite analizar simultáneamente la eficiencia temporal del proceso, la consistencia de la estimación presupuestal y la calidad técnica del producto obtenido.

- a) Desempeño temporal (T): El desempeño temporal se mide como la desviación porcentual entre la duración real del proceso de formulación y la duración planificada, mediante la expresión:

$$T = \frac{D_{real} - D_{plan}}{D_{plan}} * 100$$

Donde:

D_{real} corresponde a la duración real del proceso de formulación, expresada en días.

D_{plan} corresponde a la duración planificada del proceso de formulación, expresada en días.

- b) Desempeño en costos (C): El desempeño en costos se mide como la desviación porcentual entre el costo real del proceso de formulación y el costo planificado, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$C = \frac{C_{real} - C_{plan}}{C_{plan}} * 100$$

Donde:

C_{real} corresponde al costo real del proceso de formulación, estimado a partir de las horas-hombre empleadas, las tarifas asociadas y los costos operativos vinculados al desarrollo del proyecto.

C_{plan} corresponde al costo real del proceso de formulación, estimado a partir de las horas-hombre empleadas, las tarifas asociadas y los costos operativos vinculados al desarrollo del proyecto.

- c) Desempeño en calidad (Q): La calidad técnica del proceso de formulación se evalúa mediante el grado de conformidad del documento final con los lineamientos técnicos del IGAC, utilizando el siguiente índice:

$$Q = \frac{R_{cumplidos}}{R_{evaluados}} * 100$$

Donde:

$R_{evaluados}$ corresponde al número total de requisitos técnicos evaluados, definidos a partir del Anexo Técnico del IGAC para los procesos de formación y/o actualización catastral con enfoque multipropósito.

$R_{cumplidos}$ corresponde al número de dichos requisitos técnicos que se encuentran incorporados de manera explícita en el proyecto formulado, de conformidad con los criterios técnicos establecidos.

- d) Índice global de desempeño de la formulación (IDF): Con el fin de integrar las tres dimensiones anteriores en un único indicador sintético, se define el Índice de Desempeño de la Formulación (IDF) mediante una combinación ponderada de los subindicadores de tiempo, costo y calidad:

$$IDF = 0.30 * (100 - |T|) + 0.20 * (100 - |C|) + 0.50 * (Q)$$

La ponderación asigna un mayor peso relativo a la dimensión de calidad técnica, en coherencia con la naturaleza del proyecto, cuyo resultado principal es un documento de formulación que debe cumplir con los lineamientos técnicos vigentes y responder de manera adecuada a las problemáticas catastrales identificadas en el diagnóstico.

Diagnóstico: Porcentaje de inconsistencias identificadas y caracterizadas

Con el fin de evaluar de manera integral el desempeño del diagnóstico de la situación catastral del municipio, se adopta un modelo de suma ponderada (Simple Additive Weighting – SAW), ampliamente utilizado en procesos de evaluación multicriterio y análisis del desempeño de proyectos. Este modelo permite integrar en un único indicador sintético diferentes dimensiones previamente normalizadas, facilitando una lectura integral del resultado del diagnóstico.

En el presente estudio, el desempeño del diagnóstico se evalúa a partir de dos criterios fundamentales: cobertura y calidad del diagnóstico y oportunidad temporal del proceso, los cuales se describen a continuación.

a) Cobertura y calidad del diagnóstico (Q_d)

La cobertura y calidad del diagnóstico se evalúan mediante la proporción de inconsistencias catastrales que, una vez identificadas, son caracterizadas de manera técnica y verificable. Este indicador refleja la capacidad del diagnóstico para no solo detectar inconsistencias, sino también clasificarlas y documentarlas adecuadamente como insumo para la formulación del proyecto.

El indicador se expresa mediante la siguiente relación:

$$Q_d = \frac{I_{caracterizadas}}{I_{detectadas}} * 100$$

Donde:

$I_{detectadas}$ corresponde al número total de inconsistencias identificadas a partir del análisis de las fuentes de información catastral disponibles.

$I_{caracterizadas}$ corresponde al número de inconsistencias clasificadas por tipo (omisión, comisión, diferencias de área e incoherencia gráfico–alfanumérica), sustentadas con evidencia técnica.

b) Oportunidad temporal del diagnóstico (T_d)

La oportunidad temporal del diagnóstico se mide como la desviación porcentual entre la duración real del proceso de diagnóstico y la duración planificada, conforme a la siguiente expresión:

$$T_d = \frac{D_{real,d} - D_{plan,d}}{D_{plan,d}} * 100$$

Donde:

$D_{real,d}$ corresponde a la duración real del proceso de diagnóstico, expresada en días.

$D_{plan,d}$ corresponde a la duración planificada del proceso de diagnóstico, expresada en días.

Para efectos de su integración en el indicador sintético, el desempeño temporal se normaliza en una escala de 0 a 100 mediante la expresión $100 - |T_d|$, de manera que valores cercanos a 100 representan un alto cumplimiento del plazo planificado.

c) Índice de Desempeño del Diagnóstico (IDD)

El Índice de Desempeño del Diagnóstico (IDD) se construye mediante la aplicación del modelo de suma ponderada (Simple Additive Weighting – SAW), el cual permite integrar múltiples criterios de evaluación en un único indicador sintético, siempre que dichos criterios se encuentren normalizados en una escala común y cuenten con ponderaciones explícitas. Este enfoque resulta adecuado para evaluar de manera integral el desempeño del diagnóstico catastral, en tanto articula la calidad técnica de los resultados obtenidos con la oportunidad temporal del proceso.

En este sentido, la formulación del IDD parte de la definición de dos criterios principales de evaluación, estrechamente vinculados con los objetivos del diagnóstico y con su función como insumo fundamental para la formulación del proyecto de actualización catastral. El primero corresponde a la cobertura y calidad del diagnóstico ($Q(d)$), entendida como la capacidad del proceso para identificar y caracterizar técnicamente las inconsistencias catastrales detectadas en la información analizada. El segundo criterio corresponde a la oportunidad temporal del diagnóstico ($T(d)$), la cual refleja el grado de cumplimiento del plazo planificado para el desarrollo de esta fase. Ambos criterios representan dimensiones complementarias del

desempeño del diagnóstico, asociadas, respectivamente, a la calidad técnica del resultado y a la eficiencia temporal del proceso.

Para posibilitar la agregación de estos criterios en un único índice, se requiere su expresión en una escala común de 0 a 100. En el caso del indicador Q_d , este ya se encuentra formulado como un valor porcentual, por lo que no requiere transformación adicional. Por su parte, el indicador T_d mide una desviación porcentual respecto al plazo planificado, cuyo valor óptimo es cero. Con el fin de normalizar este criterio y hacerlo comparable con Q_d , se aplica la transformación $100 - |T_d|$, de tal manera que un valor de $T_d = 0$ represente un desempeño temporal óptimo, mientras que desviaciones positivas o negativas reduzcan proporcionalmente el valor del indicador. De esta forma, ambos criterios quedan expresados en una misma escala y pueden ser integrados de manera coherente.

Una vez normalizados los criterios, se procede a la asignación de ponderaciones que reflejan su importancia relativa dentro del desempeño global del diagnóstico. Dado que esta fase constituye el principal insumo técnico para la formulación del proyecto, se asigna un mayor peso a la cobertura y calidad del diagnóstico, en comparación con la oportunidad temporal del proceso. En consecuencia, se establece una ponderación del 60 % para el criterio Q_d y del 40 % para el criterio temporal normalizado, cumpliendo la condición de que la suma de las ponderaciones sea igual a uno y respondiendo a un criterio técnico coherente con la naturaleza del proceso evaluado.

Bajo estas consideraciones, el Índice de Desempeño del Diagnóstico se obtiene mediante la agregación lineal ponderada de los criterios normalizados, conforme a la siguiente expresión:

$$IDD = 0.60 * (Q_d) + 0.40 * (100 - |T_d|)$$

Esta expresión sintetiza en un único valor el desempeño global del diagnóstico catastral, integrando simultáneamente su calidad técnica y su oportunidad temporal, y permitiendo una evaluación integral y consistente de esta fase dentro del proceso de formulación del proyecto.

Alcance: Índice de conformidad del alcance del proyecto

$$Q_a = \frac{C_{alcance,cumplido}}{C_{alcance,calculado}} * 100$$

Donde

$$C_{alcance,cumplido}$$

$C_{alcance,calculado}$ corresponde al número total de criterios técnicos de alcance que deben ser considerados en la formulación del proyecto, definidos a partir de los lineamientos del IGAC y que constituyen el universo de evaluación del alcance.

Este indicador evalúa el grado de conformidad del alcance del proyecto frente a los criterios técnicos definidos en los lineamientos del IGAC. Para tal efecto, se verifica la correspondencia entre el alcance formulado y los criterios exigidos, incluyendo la definición de fases, productos y límites del proyecto, así como la incorporación de procesos orientados a la corrección de inconsistencias por omisión y comisión, la coherencia entre los componentes gráfico y alfanumérico, y los requerimientos de interoperabilidad establecidos.

Recursos: Desviación porcentual del costo total estimado

Con el fin de evaluar la consistencia de la estimación de recursos del proyecto, se define un indicador basado en la desviación porcentual entre el costo total estimado en la formulación y el costo base calculado a partir de parámetros técnicos. Este indicador permite analizar el grado de ajuste de la estimación de recursos frente a una línea base técnica construida con criterios objetivos.

La desviación porcentual del costo total estimado se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C_r = \frac{C_{estimado} - C_{base}}{C_{base}} * 100$$

Donde:

C_{base} corresponde al costo calculado con base en supuestos técnicos derivados del diagnóstico, tales como rendimientos esperados, perfiles profesionales requeridos, tecnología a emplear y condiciones de ruralidad del territorio.

$C_{estimado}$ corresponde al costo total propuesto en la formulación del proyecto de actualización catastral.

Valores de C_r cercanos a cero indican una alta consistencia entre la estimación de recursos y la línea base técnica definida, mientras que desviaciones positivas o negativas reflejan sobreestimaciones o subestimaciones relativas del costo del proyecto.

Cronograma: Índice de consistencia del cronograma frente al alcance

Con el propósito de evaluar la coherencia interna entre el cronograma formulado y el alcance definido del proyecto, se establece un indicador de consistencia que permite verificar que la totalidad de las actividades requeridas para cumplir el alcance del proyecto se encuentren debidamente incorporadas en la programación temporal.

El índice de consistencia del cronograma se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_c = \frac{A_{programadas}}{A_{alcance}} * 100$$

Donde:

$A_{alcance}$ corresponde al número total de actividades definidas en el documento de alcance del proyecto y en la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT/WBS).

$A_{programadas}$ corresponde al número de actividades del alcance que se encuentran efectivamente calendarizadas en el cronograma del proyecto, contando con duración estimada, precedencias lógicas y responsables definidos.

Valores elevados del indicador Q_c reflejan un alto grado de consistencia entre el cronograma formulado y el alcance del proyecto, mientras que valores inferiores evidencian omisiones o desalineaciones en la programación de las actividades necesarias para el cumplimiento del alcance establecido.

Adicionalmente, como dato de referencia para la planificación temporal del proyecto, se considera la duración total estimada, la cual se calcula como la diferencia entre la fecha de finalización y la fecha de inicio del cronograma:

$$\text{Duración total} = Fecha_{fin} - Fecha_{inicio}$$

Seguimiento y calidad: Índice de cobertura del sistema de control

Con el fin de evaluar la integridad del sistema de seguimiento, control y aseguramiento de la calidad definido en la formulación del proyecto, se establece un indicador de cobertura que permite verificar el grado en que dicho sistema incorpora los mecanismos exigidos por los lineamientos técnicos del IGAC.

El índice de cobertura del sistema de seguimiento y control se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{M_{definidos}}{M_{exigidos}} * 100$$

Donde:

$M_{definidos}$ corresponde al número de mecanismos de seguimiento, control y aseguramiento de la calidad que se encuentran explícitamente definidos e incorporados en el proyecto formulado.

$M_{exigidos}$ corresponde al número total de mecanismos de seguimiento, control y aseguramiento de la calidad requeridos conforme a los estándares técnicos del IGAC y aplicables a la formulación del proyecto.

Dentro de estos mecanismos se incluyen instrumentos orientados al control del tiempo, el costo y la calidad del proyecto, tales como indicadores de desempeño, puntos de control, auditorías técnicas, listas de verificación, gestión de cambios y gestión de riesgos.

Valores elevados del indicador Q_5 reflejan una mayor cobertura del sistema de seguimiento, control y aseguramiento de la calidad frente a los requerimientos establecidos, mientras que valores inferiores evidencian vacíos o debilidades en los mecanismos definidos para el control integral del proyecto.

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

1.2.1. Descripción General - Marco Histórico de la Organización

La formulación del proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito para el municipio de Buenavista (Sucre) no se adscribe a una organización privada específica, sino que se inscribe en el marco de la institucionalidad pública responsable de la gestión catastral en Colombia. En este sentido, el proyecto se fundamenta en la estructura organizacional y normativa del sistema catastral nacional, cuyo ente rector es el IGAC, en articulación con las entidades territoriales.

El IGAC, como autoridad técnica nacional en materia catastral, cumple funciones de regulación, estandarización y control de calidad de la información predial, mientras que los municipios actúan como beneficiarios directos de los procesos de formación y actualización catastral, al integrar dicha información en sus sistemas de gestión territorial, fiscal y

administrativa. Bajo este esquema, los proyectos de actualización catastral se conciben como iniciativas de carácter público, orientadas a fortalecer la capacidad institucional del Estado para administrar el territorio con base en información confiable y actualizada.

En el caso del municipio de Buenavista (Sucre), la formulación del proyecto se enmarca en esta relación funcional entre el nivel nacional y el nivel territorial, sin que ello implique la definición de una empresa ejecutora concreta, sino la proyección de una estructura institucional tipo, coherente con los lineamientos técnicos y organizacionales establecidos por el IGAC para este tipo de intervenciones.

1.2.2. Direccionamiento Estratégico de la Organización

El direccionamiento estratégico del sistema catastral colombiano se orienta a consolidar un catastro moderno, confiable e interoperable, que sirva como soporte para la toma de decisiones públicas en materia de planificación y ordenamiento territorial, desarrollo urbano y rural, administración tributaria y seguridad jurídica sobre la propiedad. En este sentido, los proyectos de actualización catastral se alinean con objetivos estratégicos de carácter nacional, tales como la modernización de la gestión pública, el fortalecimiento de la gobernanza territorial y la promoción de un desarrollo territorial sostenible.

Desde esta perspectiva, la formulación del proyecto para el municipio de Buenavista (Sucre) se articula con el direccionamiento estratégico del IGAC, en tanto propone estructurar una intervención que permita definir con claridad el alcance, los recursos, el cronograma y los mecanismos de control necesarios para un proceso de actualización catastral con enfoque multipropósito. Este direccionamiento no se limita a la dimensión técnica del catastro, sino que

incorpora consideraciones institucionales relacionadas con la capacidad administrativa del municipio, la articulación interinstitucional y la participación de los actores territoriales.

Asimismo, el enfoque estratégico reconoce que la formulación del proyecto constituye una fase previa e indispensable para su eventual ejecución, en la medida en que permite reducir la incertidumbre, optimizar el uso de los recursos públicos y asegurar la coherencia entre los objetivos del proyecto y las políticas públicas vigentes. De esta forma, el direccionamiento estratégico se materializa en una propuesta de intervención planificada, que busca maximizar el impacto del proceso de actualización catastral sobre la gestión territorial del municipio.

1.2.3. Estructura Organizacional

Desde el punto de vista organizacional, el proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito se concibe dentro de una estructura institucional de carácter público, conformada por distintos niveles de responsabilidad y funciones. Esta estructura responde a la necesidad de articular competencias técnicas especializadas, coordinación interinstitucional y mecanismos de control acordes con la complejidad del proceso catastral.

En este contexto, el marco institucional del proyecto se inscribe en las competencias técnicas y normativas definidas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, como entidad rectora del sistema catastral en Colombia, y en las funciones propias del municipio de Buenavista, en su calidad de entidad territorial beneficiaria y responsable de la incorporación de los productos derivados de la actualización en los instrumentos locales de planificación y gestión fiscal.

A partir de este entorno institucional, la formulación del proyecto propone una estructura organizacional tipo orientada a la eventual fase de ejecución, cuyo propósito es delimitar con claridad las responsabilidades estratégicas, técnicas y de control del proceso. Esta estructura se fundamenta en la diferenciación funcional entre:

- Un ámbito de dirección y coordinación general, encargado de la orientación estratégica del proyecto, la toma de decisiones y la articulación con las instancias institucionales competentes.
- Un ámbito técnico especializado por componentes (físico, jurídico, económico y social), responsable del desarrollo metodológico y la producción de los entregables técnicos.
- Un ámbito de seguimiento y aseguramiento de la calidad, orientado a verificar la conformidad de los procesos y productos con los lineamientos técnicos vigentes y a garantizar la trazabilidad de la información generada.

La estructura propuesta no pretende reproducir una organización administrativa preexistente, sino establecer un modelo de referencia que permita ordenar las funciones del proyecto, clarificar los flujos de coordinación y asegurar la coherencia entre los objetivos técnicos de la actualización catastral y las responsabilidades institucionales involucradas.

1.3. Caso de Negocio (Business Case)

El proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito para el municipio de Buenavista se fundamenta en la necesidad de contar con información predial confiable, actualizada e interoperable, como insumo esencial para la gestión territorial, la planificación del suelo y la administración fiscal. La desactualización de la base catastral y la existencia de

inconsistencias entre los componentes físico, jurídico y económico limitan la capacidad institucional del municipio para ejercer de manera efectiva sus funciones de ordenamiento territorial y recaudo del impuesto predial.

Desde una perspectiva económica, la literatura especializada en finanzas públicas territoriales ha desarrollado modelos econométricos orientados a estimar el impacto de la actualización catastral sobre el recaudo del impuesto predial y la eficiencia fiscal municipal. Estos modelos, basados en análisis de series temporales, regresiones multivariadas y estimaciones de elasticidad tributaria, permiten cuantificar la relación entre la actualización de avalúos catastrales y el comportamiento de los ingresos propios municipales. Si bien el presente trabajo no desarrolla un modelo econométrico aplicado específicamente al caso de Buenavista, reconoce que la formulación estructurada del proyecto constituye un prerequisite técnico indispensable para cualquier estimación rigurosa del impacto fiscal esperado. La revisión conceptual de estos enfoques será desarrollada en el marco teórico.

Desde la gerencia de proyectos, el caso de negocio se sustenta en la conveniencia de formular anticipadamente un proyecto estructurado que delimite con claridad el alcance, los recursos, el cronograma y los mecanismos de control requeridos para una eventual ejecución conforme a los lineamientos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. La formulación reduce la incertidumbre asociada a procesos de actualización catastral de alta complejidad técnica, al establecer un marco organizacional y metodológico que orienta la toma de decisiones futuras y facilita la gestión de recursos.

Adicionalmente, el proyecto se alinea con los objetivos estratégicos de la Política Nacional de Catastro Multipropósito establecida en el CONPES 3958 de 2019, que promueve la modernización de los sistemas catastrales como instrumento para fortalecer la gobernanza

territorial, la transparencia en la gestión pública y la sostenibilidad fiscal de las entidades territoriales.

En consecuencia, el caso de negocio trasciende la justificación técnica del proyecto y se configura como una argumentación integral que articula fundamentos institucionales, económicos y estratégicos, evidenciando la pertinencia de estructurar un proyecto de actualización catastral como base para una futura intervención territorial sostenible.

1.3.1. Descripción de Alternativas

Con el fin de abordar la problemática asociada a la desactualización de la información catastral del municipio de Buenavista (Sucre), se identificaron distintas alternativas de intervención:

- **Alternativa 1.** Formular un proyecto orientado a la continuidad del esquema actual de gestión catastral del municipio, basado en la realización de actualizaciones parciales y esporádicas de la información predial.
- **Alternativa 2.** Formular un proyecto de actualización catastral limitado a uno de los componentes del catastro (físico, jurídico o económico), priorizando aquel que presente mayores niveles de rezago.
- **Alternativa 3.** Formular un proyecto integral de actualización catastral que incorpore los componentes físico, jurídico, económico y social, alineado con los lineamientos técnicos del IGAC y orientado a su uso en la planificación territorial y fiscal.
- **Alternativa 4.** Formular un proyecto de actualización catastral dirigido exclusivamente al sector urbano del municipio de Buenavista (Sucre), orientado a la actualización de la

información predial mediante la intervención de los componentes físico, jurídico y económico de la información predial.

- **Alternativa 5.** Formular un proyecto de actualización catastral dirigido exclusivamente al sector rural del municipio de Buenavista (Sucre), orientado a la actualización de la información predial mediante la intervención de los componentes físico, jurídico y económico, considerando las particularidades territoriales y productivas propias de esta zona.

1.3.2. Criterios de Selección de Alternativas

Para la evaluación de las alternativas planteadas se establecieron los siguientes criterios:

1. **Coherencia normativa:** grado de alineación con la Política Nacional de Catastro Multipropósito y los lineamientos técnicos del IGAC.
2. **Integralidad técnica:** capacidad de la alternativa para articular los componentes físico, jurídico y económico del catastro.
3. **Viabilidad institucional y financiera:** Nivel de factibilidad para que la alternativa sea adoptada e implementada por el municipio de Buenavista (Sucre) y las entidades competentes en materia catastral, en función de su capacidad institucional y de los requerimientos financieros que demanda su ejecución.
4. **Aporte a la gestión territorial:** contribución esperada a la planeación del territorio y a la administración fiscal municipal.
5. **Sostenibilidad del sistema catastral:** potencial de la alternativa para facilitar procesos futuros de mantenimiento y actualización de la información predial.

Estos criterios, formulados como preguntas orientadoras, permiten analizar de manera sistemática las alternativas de solución al problema de desactualización de la información catastral, en concordancia con los lineamientos de la Política Nacional de Catastro Multipropósito. Su aplicación orienta la identificación de las deficiencias existentes, la definición de las acciones necesarias para la actualización de la base predial y la articulación de la información catastral con los instrumentos de planificación territorial de largo plazo.

Las escalas de estos criterios se establecen en tres niveles, definidos en función del grado de cumplimiento de cada criterio por parte de las alternativas evaluadas.

En la Tabla 2, las escalas de estos criterios están establecidas:

Tabla 2.*Escala de criterios*

Escala	1	2	3
Criterio A (Coherencia normativa)	No se alinea con la Política de Catastro Multipropósito ni con los lineamientos del IGAC.	Se alinea parcialmente con la normativa y lineamientos técnicos.	Se alinea plenamente con la Política de Catastro Multipropósito y los lineamientos del IGAC.
Criterio B (Integralidad técnica)	Aborda de manera aislada uno de los componentes del catastro.	Articula algunos componentes del catastro, sin integración completa.	Articula de manera integral los componentes físico, jurídico y económico.
Criterio C (Viabilidad institucional)	Presenta baja posibilidad de adopción institucional.	Presenta viabilidad institucional moderada.	Presenta alta viabilidad institucional y posibilidad real de adopción.
Criterio D (Aporte a la gestión territorial)	Aporta de manera marginal a la planeación territorial y a la gestión fiscal.	Aporta parcialmente a la planeación y gestión territorial.	Contribuye de manera significativa a la planeación territorial y a la gestión fiscal municipal.
Criterio E (Sostenibilidad del sistema catastral)	No favorece el mantenimiento ni la actualización futura del catastro.	Favorece de manera limitada la sostenibilidad del sistema catastral.	Favorece claramente la sostenibilidad y actualización futura de la información predial.

Fuente. Construcción del autor acorde al proyecto

1.3.3. Análisis de Alternativas

Con el fin de abordar la problemática asociada a la desactualización de la información catastral del municipio de Buenavista (Sucre), se identificaron cinco alternativas de intervención desde la perspectiva de la formulación de proyectos:

- **Alternativa 1.** Formular un proyecto orientado a la continuidad del esquema actual de gestión catastral del municipio, basado en la realización de actualizaciones parciales y esporádicas de la información predial.
- **Alternativa 2.** Formular un proyecto de actualización catastral limitado a uno de los componentes del catastro (físico, jurídico o económico), priorizando aquel que presente mayores niveles de rezago.
- **Alternativa 3.** Formular un proyecto integral de actualización catastral que incorpore los componentes físico, jurídico, económico y social, alineado con los lineamientos técnicos del IGAC y orientado a su uso en la planificación territorial y fiscal.
- **Alternativa 4.** Formular un proyecto de actualización catastral dirigido exclusivamente al sector urbano del municipio de Buenavista (Sucre), orientado a la actualización de la información predial mediante la intervención de los componentes físico, jurídico y económico de la información predial.
- **Alternativa 5.** Formular un proyecto de actualización catastral dirigido exclusivamente al sector rural del municipio de Buenavista (Sucre), orientado a la actualización de la información predial mediante la intervención de los

componentes físico, jurídico y económico, considerando las particularidades territoriales y productivas propias de esta zona.

Es importante precisar que la formulación de proyectos de actualización catastral de carácter parcial ya sea circunscrita al sector urbano o al sector rural, constituye una práctica válida dentro del sistema catastral colombiano. En diversos municipios, las intervenciones han sido priorizadas territorialmente en función de criterios de disponibilidad presupuestal, capacidad operativa y niveles diferenciados de desactualización, conforme al marco normativo que regula la gestión catastral y la prestación del servicio público catastral en Colombia (Congreso de la República de Colombia, 2019; Presidencia de la República de Colombia, 2019).

Después de realizar la evaluación de alternativas, la que mejor se adapta a la problemática central es la **Alternativa 3** (Tabla 3).

Tabla 3.

Evaluación de alternativas para el problema central

ALTERNATIVA	Criterio A	Criterio B	Criterio C	Criterio D	Criterio E	Total
Alternativa 1.	1	2	3	1	1	8
Alternativa 2.	1	1	3	2	1	8
Alternativa 3.	3	3	1	3	2	12
Alternativa 4.	2	3	3	2	1	11
Alternativa 5.	2	3	3	2	1	11

Fuente. Construcción del autor acorde al proyecto

1.3.4. Selección de Alternativa

Con base en los resultados obtenidos en la evaluación comparativa, la Alternativa 3 presenta el mayor puntaje total, lo que evidencia un mayor grado de coherencia con la Política Nacional de Catastro Multipropósito y los lineamientos técnicos del IGAC, así como una mayor integralidad técnica, viabilidad institucional, aporte a la gestión territorial y sostenibilidad del sistema catastral.

En consecuencia, se selecciona la Alternativa 3: Formular un proyecto integral de actualización catastral con enfoque multipropósito para el municipio de Buenavista (Sucre), por cuanto permite estructurar de manera sistemática el alcance, los recursos, el cronograma y los mecanismos de control requeridos para una eventual ejecución del proceso de actualización catastral, sin comprometer su implementación directa.

1.3.5. Justificación del Proyecto

En el municipio de Buenavista (Sucre), se presenta una problemática relacionada a propietarios que no pueden demostrar que su tierra les pertenece. Hay predios que existen en la realidad física del territorio pero que son invisibles para el Estado: no aparecen en el catastro, no generan impuesto predial, no pueden ser objeto de crédito, no pueden ser heredados con respaldo jurídico formal. Al mismo tiempo, hay predios duplicados, áreas registradas que no corresponden a la realidad, y una brecha estructural entre lo que la cartografía dice y lo que el territorio efectivamente es. Esta no es una falla administrativa menor: es una fractura institucional que tiene nombre y consecuencias concretas. Un municipio que no conoce con

precisión su propio territorio no puede planificarlo, no puede protegerlo y difícilmente puede desarrollarlo.

Esa fractura es la que este proyecto busca comenzar a cerrar. No desde la ejecución directa (que escapa al alcance de la presente formulación) sino desde algo igualmente urgente y con frecuencia subestimado: la planificación rigurosa, estructurada y técnicamente verificable de la intervención. Porque en Colombia, la historia de los proyectos catastrales fallidos no es solo la historia de municipios que no actualizaron su información; es también la historia de intervenciones mal formuladas, con alcances imprecisos, recursos subestimados y mecanismos de control inexistentes. Este proyecto existe para que Buenavista no repita esa historia.

Desde la perspectiva institucional, la formulación del proyecto responde a los mandatos de la Política Nacional de Catastro Multipropósito (CONPES 3958 de 2019), que reconoce explícitamente que más del 60% de los municipios colombianos operan con información predial desactualizada, y que esta condición constituye un obstáculo estructural para la gobernanza territorial, la equidad fiscal y la seguridad jurídica sobre la propiedad (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2019). Buenavista no es una excepción: es la regla. Y precisamente por eso, la formulación de un proyecto que defina con claridad el alcance, los recursos, el cronograma y los mecanismos de control conforme a los lineamientos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) no es un ejercicio académico opcional; es una condición de posibilidad para cualquier intervención catastral que aspire a ser sostenible, replicable y técnicamente defendible.

El Project Management Institute (PMI) establece en su Guía del PMBOK que un proyecto se justifica cuando su realización genera un valor que supera el costo de no hacerlo (PMI, 2021). En el caso de Buenavista, el costo de no formular este proyecto -de seguir

postergando la actualización catastral, de continuar operando con una base predial inconsistente no es abstracto. Se traduce en impuesto predial que no se recauda, en instrumentos de ordenamiento territorial que se formulan sobre información falsa, en conflictos de propiedad que el Estado no puede arbitrar porque no tiene datos confiables, y en recursos de inversión pública que se asignan sin conocer con precisión el territorio al que van dirigidos. El PMI también distingue entre el entregable del proyecto en este caso, el documento de formulación y el impacto de largo plazo que dicho entregable habilita (PMI, 2021). Ese impacto, en el contexto de Buenavista, es la posibilidad real de contar con un catastro que sirva simultáneamente para planificar el uso del suelo, garantizar la seguridad jurídica, fortalecer el recaudo y tomar decisiones basadas en evidencia territorial.

El impacto fiscal esperado de una actualización catastral rigurosa en municipios con las características de Buenavista no es menor. La desactualización de los avalúos catastrales genera distorsiones profundas en la distribución de cargas tributarias: predios de alto valor comercial tributan como si fueran de los años noventa, mientras propietarios de predios de menor valor soportan una presión fiscal desproporcionada simplemente porque sus inmuebles sí fueron actualizados en algún momento. Rodríguez Castañeda (2017) documenta que la actualización catastral en contextos de alta informalidad y rezago histórico puede producir incrementos sustanciales en la base gravable municipal, con efectos directos sobre la capacidad de inversión pública local. Para un municipio como Buenavista, donde los ingresos propios son limitados y la dependencia de transferencias nacionales es alta, fortalecer el recaudo del impuesto predial no es una cuestión técnica: es una condición para la autonomía fiscal y la sostenibilidad del desarrollo local.

En el componente jurídico y social, la trascendencia del proyecto adquiere una dimensión aún más sensible. En territorios con alta ruralidad, dinámicas históricas complejas de ocupación del suelo y formas heterogéneas de tenencia, la ausencia de información catastral confiable no es una omisión neutral: es un factor que perpetúa la informalidad, dificulta el acceso a crédito productivo, limita la capacidad de las familias para transferir legalmente sus bienes y debilita la posición jurídica de los ocupantes frente a terceros. La incorporación del modelo LADM-COL (Land Administration Domain Model) en el diseño técnico del proyecto garantiza que la información producida en una eventual fase de ejecución sea interoperable con el registro de la propiedad y con los instrumentos de ordenamiento territorial, organizando los datos bajo el paradigma de Derechos, Restricciones y Responsabilidades que permite articular el catastro con la realidad jurídica del territorio (Dorado, 2022; Presidencia de la República de Colombia, 2021). Desde el enfoque Fit-For-Purpose promovido por la Federación Internacional de Agrimensores, la actualización catastral en contextos como el de Buenavista debe ser capaz de documentar no solo la propiedad formal, sino un continuo de derechos que incluya ocupaciones informales y colectivas, reconociendo la complejidad social del territorio como punto de partida y no como obstáculo (FIG, 2014; Morales et al., 2021).

Kaufmann y Steudler (1998) advirtieron hace más de dos décadas que los sistemas catastrales multipropósito solo pueden consolidarse de manera sostenible cuando su diseño responde a una planificación integral que delimite con claridad el alcance, las capacidades institucionales requeridas, los recursos disponibles y los mecanismos de control. Esa advertencia sigue siendo válida y, en el caso colombiano, sigue siendo frecuentemente ignorada. Proyectos catastrales lanzados sin una fase de formulación rigurosa han resultado en levantamientos incompletos, bases de datos inconsistentes, litigios sobre la validez de la información producida

y recursos públicos invertidos sin resultados verificables. La formulación que aquí se propone existe precisamente para evitar que eso ocurra en Buenavista: para que cuando se tome la decisión de ejecutar la actualización catastral, esa decisión esté sustentada en un documento técnico que defina con precisión qué se va a hacer, con qué recursos, en qué tiempo y bajo qué criterios de calidad.

No formular este proyecto no es una opción neutral. Es una decisión activa de continuar administrando un territorio que el Estado no conoce con precisión, de seguir cobrando impuestos sobre avalúos que no reflejan la realidad, de permitir que la inseguridad jurídica sobre la propiedad siga siendo una condición estructural de la vida rural en Buenavista. La gestión del valor en proyectos públicos, tal como la entiende el PMI (2021), no se mide únicamente en términos de rentabilidad económica: se mide en términos del beneficio generado para las partes interesadas y para la sociedad en su conjunto. Medido con ese criterio, el valor de este proyecto es inobjetable. Lo que está en juego no es la calidad de un documento técnico: es la capacidad de un municipio para conocer, planificar y gobernar su propio territorio. Esa capacidad empieza aquí.

1.4. Marco Teórico

La comprensión teórica del proyecto de formulación de la actualización catastral con enfoque multipropósito para el municipio de Buenavista (Sucre) se construye a partir de cuatro ejes conceptuales que se articulan de manera progresiva: la evolución histórica del catastro desde su concepción tradicional hacia el modelo multipropósito, el marco normativo colombiano que institucionaliza dicha transformación, el estándar técnico LADM-COL y las metodologías

de captura y gestión de información predial, y la gerencia de proyectos públicos como disciplina que estructura y da sentido a la fase de formulación. La articulación de estos ejes permite fundamentar tanto las decisiones metodológicas adoptadas como la pertinencia del proyecto frente al contexto territorial específico de Buenavista.

El catastro ha sido históricamente concebido como un instrumento administrativo del Estado para la identificación, descripción y valoración de los bienes inmuebles, orientado de manera predominante a fines fiscales y al control patrimonial del territorio. Esta concepción tradicional restringió su alcance a una función esencialmente descriptiva y tributaria, sin articulación efectiva con los instrumentos de planificación territorial ni con las dimensiones jurídica, social y ambiental del territorio. Las transformaciones sociales, económicas y territoriales de las últimas décadas evidenciaron las limitaciones estructurales de este enfoque, particularmente en contextos con alta informalidad y fragmentación institucional, donde la separación entre los derechos de tenencia, las funciones de planeación y la valoración del suelo debilita la capacidad del Estado para articular el control del territorio con la realidad del mercado inmobiliario (Kaufmann & Steudler, 1998; Enemark, 2009; World Bank, 2017).

Para superar esa fragmentación, Enemark (2009) propone transitar hacia Sistemas de Administración de Tierras que operen como infraestructura integral y motor multipropósito capaz de gestionar simultáneamente la tenencia, el valor, el uso y el desarrollo del territorio. En este marco se consolida el Catastro Multipropósito como enfoque moderno en el cual la información catastral trasciende su función fiscal para incorporar las dimensiones físicas, jurídicas, económicas, sociales y ambientales del territorio. La Federación Internacional de Agrimensores precisa que los catastros multipropósito constituyen una infraestructura fundamental de información territorial porque integran no solo la descripción parcelaria, sino

también los derechos, restricciones y responsabilidades asociadas a la tierra (FIG, 2014). El Banco Mundial refuerza esta visión al considerarlos componente esencial de la gobernanza de la tierra, en tanto permiten que la información predial se utilice de manera simultánea para fines fiscales, legales, sociales, ambientales y de planificación territorial (World Bank, 2017).

Esta evolución conceptual resulta directamente pertinente para el caso de Buenavista. Un municipio con alta ruralidad, formas complejas de tenencia del suelo y diagnósticos que evidencian inconsistencias estructurales entre los componentes físico, jurídico y económico de su información predial no puede resolver sus limitaciones de gestión territorial con un catastro de enfoque exclusivamente fiscal. La formulación de un proyecto con enfoque multipropósito responde a la necesidad de transitar hacia un modelo integral que articule las distintas dimensiones del territorio y sirva como soporte para la planificación, la administración fiscal y la seguridad jurídica.

Esta transición conceptual se encuentra respaldada en Colombia por un marco normativo progresivo que evidencia una trayectoria coherente, desde el reconocimiento indirecto del catastro como insumo para la planificación territorial hasta su configuración como servicio público descentralizado orientado a múltiples finalidades. La Ley 388 de 1997 establece los principios del ordenamiento territorial y reconoce la necesidad de contar con información predial confiable y actualizada como insumo para los planes de ordenamiento, vinculando de manera indirecta el catastro con la gestión del uso del suelo (Congreso de la República de Colombia, 1997). Posteriormente, la Ley 1450 de 2011 y la Ley 1753 de 2015 introdujeron disposiciones orientadas a la modernización catastral y a la articulación entre catastro y registro, evidenciando una transición hacia modelos más integrales (Congreso de la República de Colombia, 2011, 2015).

El Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Estable y Duradera, suscrito en 2016, constituye un punto de inflexión en el sustento normativo del Catastro Multipropósito. En el marco de la Reforma Rural Integral, el Acuerdo reconoce explícitamente la necesidad de implementar un catastro actualizado y multipropósito como condición indispensable para la formalización de la propiedad, la restitución de tierras y la transformación estructural del campo colombiano (Gobierno Nacional de Colombia & FARC-EP, 2016). Esta dimensión de paz territorial es especialmente significativa para Buenavista, donde los procesos históricos de ocupación del suelo han generado formas complejas de tenencia que requieren un sistema catastral capaz de documentar y formalizar derechos más allá de la propiedad formal.

La formalización de esta política se materializa con el Documento CONPES 3958 de 2019, que define el Catastro Multipropósito como una estrategia nacional orientada a la adopción de un sistema de información catastral que integre dimensiones físicas, jurídicas y económicas y que sirva a múltiples finalidades del Estado, estableciendo los principios de interoperabilidad, actualización permanente, progresividad y sostenibilidad institucional (DNP, 2019). Complementariamente, la Ley 1955 de 2019 transformó el catastro de función pública a servicio público, y el Decreto 1983 de 2019 introdujo las figuras de Gestores y Operadores Catastrales, habilitando esquemas de descentralización que permiten a los municipios gestionar el servicio catastral de manera autónoma o asociativa (Congreso de la República de Colombia, 2019; Presidencia de la República, 2019). Dorado (2022) señala que este cambio de paradigma habilita a las entidades territoriales para romper con el rezago histórico de actualización, que para 2020 afectaba a más del 94% de los municipios colombianos, permitiendo que el catastro funcione como columna vertebral de los Planes de Ordenamiento Territorial y los Planes de

Desarrollo. La descentralización resulta directamente relevante para Buenavista, en tanto habilita la gestión del servicio catastral con mayor agilidad frente a las particularidades de su mercado inmobiliario y su realidad social. En este entramado, el IGAC ha expedido lineamientos técnicos, resoluciones y manuales operativos que regulan la implementación del modelo multipropósito y promueven metodologías híbridas que reconocen la diversidad de capacidades institucionales a nivel municipal (IGAC, 2020).

El sustento técnico de esta política se encuentra en el modelo LADM-COL (Land Administration Domain Model), versión nacional del estándar internacional ISO 19152:2012, que constituye el eje técnico fundamental para alcanzar la interoperabilidad entre el catastro y el registro de instrumentos públicos, garantizando información totalmente digital, oportuna y consistente (Presidencia de la República de Colombia, 2021). Dorado (2022) sostiene que el LADM-COL proporciona la arquitectura semántica necesaria para organizar los datos bajo el paradigma de Derechos, Restricciones y Responsabilidades, facilitando que los insumos recolectados no solo tengan fines fiscales, sino que se integren coherentemente al Sistema Nacional de Información Catastral. Su adopción desde la fase de formulación es imperativa para asegurar que los datos producidos sean interoperables con otros instrumentos de planificación y contribuyan efectivamente a la seguridad jurídica y la gobernanza territorial.

En cuanto a las tecnologías de captura de información en campo, la experiencia internacional demuestra que el uso de colectores de datos móviles compatibles con el modelo LADM optimiza significativamente la eficiencia operativa. Aditya et al. (2021) documentan que estas herramientas pueden reducir procesos de trece subactividades a solo cinco, con alta precisión geográfica y costos competitivos. El principio subyacente, según el cual la interoperabilidad entre el dispositivo de captura y el modelo de datos nacional es condición para

la calidad y trazabilidad de la información, es directamente aplicable al diseño del sistema de recolección propuesto para Buenavista mediante la herramienta QField, previamente configurada con el modelo de datos LADM-COL.

Desde la perspectiva de la inclusión social en la captura de datos, el enfoque Fit-For-Purpose, promovido por la Federación Internacional de Agrimensores, propone metodologías de recolección adaptadas a contextos de alta informalidad, donde la participación comunitaria es condición para la legitimidad del proceso (FIG & World Bank, 2014). Morales et al. (2021), en el análisis de pilotos desarrollados en Colombia en el marco del posconflicto, demuestran que este enfoque permite documentar un continuo de derechos que incluye ocupaciones informales y formas de tenencia colectiva, reduciendo la brecha entre la realidad física y el registro legal. Para Buenavista, caracterizado por dinámicas históricas de ocupación del suelo y formas heterogéneas de tenencia, la incorporación de este enfoque es condición para que la información producida refleje la realidad territorial con la integralidad que exige el modelo multipropósito. En el componente de valoración predial, los modelos de valuación masiva basados en el estándar LADM y sustentados en el análisis estadístico de registros actualizados de mercado permiten reducir las discrepancias entre los valores catastrales y comerciales, mejorando la equidad tributaria y la sostenibilidad financiera municipal (Tomić et al., 2021), principio que fundamenta el diseño del componente económico del proyecto mediante la delimitación de Zonas Homogéneas Físicas y Geoeconómicas conforme a los instructivos del IGAC (2024).

La solidez del andamiaje técnico descrito solo cobra sentido pleno cuando se inscribe en un marco de gestión que garantice su planificación rigurosa, lo cual conduce al cuarto eje del presente marco teórico. El Project Management Institute, en su estándar más reciente, define la dirección de proyectos como la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y

técnicas a las actividades del proyecto para satisfacer o superar el valor previsto, y caracteriza al proyecto como un esfuerzo temporal cuyo éxito se evalúa, ante todo, por la propuesta de valor que entrega a las partes interesadas y al sistema organizacional en el que se inserta (Project Management Institute, 2025). Este giro conceptual desplaza la lógica tradicional centrada en cumplir alcance, cronograma y costo dentro de las restricciones, hacia una lógica centrada en la entrega de valor, donde alcance, cronograma y costo son condiciones operativas pero no la medida última del éxito. En proyectos públicos esta definición adquiere una dimensión adicional, puesto que el valor no se mide únicamente en términos de rentabilidad económica, sino de beneficio social, territorial e institucional generado para las partes interesadas y para la sociedad.

La octava edición de la Guía del PMBOK, vigente desde 2025, reorganiza el cuerpo de conocimiento de la profesión en torno a seis principios refinados, siete dominios de desempeño, cinco áreas de enfoque y cuarenta procesos no prescriptivos que pueden adaptarse a contextos predictivos, adaptativos o híbridos (Project Management Institute, 2025). Los seis principios (visión holística, foco en el valor, calidad incorporada en procesos y entregables, liderazgo responsable, sostenibilidad integrada y cultura de empoderamiento) operan como guías de comportamiento profesional. Los siete dominios de desempeño (gobernanza, alcance, cronograma, finanzas, interesados, recursos y riesgos) representan áreas integrales de práctica donde se ejecuta el trabajo del proyecto. Las cinco áreas de enfoque (iniciación, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre) reorganizan el lenguaje procesual histórico en una arquitectura más flexible. Dentro de esta arquitectura, la formulación del proyecto se articula con las áreas de iniciación y planificación, en las cuales se autoriza el proyecto, se delimitan supuestos, se identifican riesgos, se estructuran indicadores de desempeño y se establecen

mecanismos de aseguramiento de calidad, reduciendo la incertidumbre característica de las intervenciones de alta complejidad técnica.

Desde la literatura especializada en proyectos del sector público, Miranda Miranda (2010) señala que la identificación, formulación y evaluación de proyectos constituye el proceso mediante el cual el Estado transforma necesidades sociales en intervenciones técnicamente estructuradas, con alcances definidos, recursos estimados y mecanismos de seguimiento que permiten verificar el logro de los objetivos. Esta perspectiva es coherente con el enfoque del presente trabajo, que no busca ejecutar la actualización catastral sino formular el proyecto que la habilite. En el campo específico de la gerencia de proyectos catastrales, Steudler (2004) propone un marco de evaluación integral que monitorea indicadores en dimensiones legales, económicas, físicas e institucionales, reconociendo que el impacto de un sistema catastral trasciende la actualización de linderos y se extiende a la eficiencia operativa, la seguridad jurídica y el cumplimiento de objetivos de desarrollo. Rodríguez Castañeda (2017) documenta, para el contexto colombiano, que el impacto de la actualización catastral se mide por la capacidad del sistema para priorizar la inversión pública y garantizar la restitución de tierras en zonas de posconflicto. Estos referentes fundamentan el sistema de indicadores de desempeño definido en la Matriz de Marco Lógico del proyecto.

Kaufmann y Steudler (1998) advierten que los sistemas catastrales multipropósito solo pueden consolidarse de manera sostenible cuando su diseño responde a una planificación integral que delimite con claridad el alcance, las capacidades institucionales requeridas, los recursos disponibles y los mecanismos de control. Esta advertencia sigue siendo el argumento más sólido para justificar la existencia del presente proyecto de formulación como fase indispensable antes de cualquier decisión de inversión pública en materia catastral. La

articulación entre formulación de proyectos y carácter multipropósito del catastro encuentra anclaje adicional en el principio de sostenibilidad incorporado en la octava edición del estándar PMI, conforme al cual los proyectos contemporáneos deben integrar consideraciones ambientales, sociales y económicas como eje transversal y no como componente accesorio (Project Management Institute, 2025). Este principio se alinea con el carácter multidimensional del Catastro Multipropósito, en el cual la información territorial deja de ser insumo exclusivamente fiscal para convertirse en infraestructura sobre la cual se sustentan decisiones de planificación, gestión ambiental, formalización de derechos y desarrollo rural sostenible.

En síntesis, el marco teórico aquí desarrollado fundamenta la doble naturaleza del presente trabajo, que es simultáneamente un proyecto de gerencia, articulado con los siete dominios de desempeño y los seis principios del PMBOK 8ª edición, y una intervención de política pública catastral, con sus dimensiones técnicas, normativas, sociales y territoriales. Los cuatro ejes desarrollados (evolución conceptual del catastro, marco normativo colombiano, estándar LADM-COL con sus metodologías de captura y gerencia de proyectos públicos) proveen el lenguaje, las herramientas y la disciplina que permiten estructurar una propuesta rigurosa, verificable y alineada con los objetivos de desarrollo territorial del municipio de Buenavista (Sucre).

Los términos técnicos, normativos e institucionales empleados a lo largo del presente documento se consolidan en el

Anexo A. Glosario, cuya consulta se sugiere de manera transversal al trabajo.

1.5. Marco Metodológico

1.5.1. Enfoque de Investigación

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, en la medida en que se orienta a la medición sistemática, objetiva y estructurada de variables físicas, jurídicas, económicas y sociales asociadas a los predios del municipio de Buenavista, en el marco del proceso de actualización catastral con enfoque multipropósito.

El enfoque cuantitativo se caracteriza por la operacionalización de variables, el uso de instrumentos estandarizados, la recolección de datos numéricos y su posterior análisis mediante procedimientos estadísticos, con el propósito de generar inferencias generalizables y técnicamente verificables (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Su lógica es secuencial y deductiva: parte de un problema claramente delimitado, define variables observables, diseña un esquema de medición y somete la información recolectada a procesos de validación y análisis.

En el marco de la política nacional de Catastro Multipropósito (DNP, 2019; IGAC, 2024), el fenómeno de estudio no es exclusivamente económico, sino integral. El predio se concibe como una unidad territorial que articula cuatro dimensiones interdependientes:

- La dimensión física, que comprende variables tales como área, localización, uso, tipología constructiva, estado de conservación y disponibilidad de infraestructura.
- La dimensión jurídica, que incorpora variables relacionadas con la titularidad, forma de tenencia, número de propietarios, afectaciones, limitaciones al dominio y coherencia entre la información registral y catastral.

- La dimensión económica, que incluye variables asociadas al comportamiento del mercado inmobiliario, precios observados en ofertas y transacciones, avalúos de referencia y determinación de valores unitarios comerciales.
- La dimensión social, que integra variables como ocupación del predio, características socioeconómicas del hogar, uso productivo, dinámicas comunitarias, pertenencia étnica cuando aplique, y condiciones de informalidad o vulnerabilidad territorial.

Aunque las dimensiones jurídica y social poseen componentes normativos y contextuales, en esta investigación son abordadas desde una perspectiva cuantitativa mediante su codificación en categorías observables y medibles. Por ejemplo, el tipo de tenencia se clasifica en categorías excluyentes; la condición de formalidad o informalidad de la tenencia se registra de manera binaria o categórica; las características socioeconómicas se sistematizan mediante variables estructuradas. Esta operacionalización permite realizar análisis de frecuencia, distribución, correlación y consistencia territorial, integrando las cuatro dimensiones en una misma base de datos estructurada.

El enfoque cuantitativo resulta pertinente porque el propósito del estudio no es únicamente comprender significados subjetivos, sino construir información territorial verificable que sirva de soporte para decisiones fiscales, administrativas, sociales y de planificación, garantizando la trazabilidad y replicabilidad que demandan los procesos catastrales conforme a los lineamientos del IGAC (2024).

1.5.2. Tipo de Investigación

La presente investigación se clasifica como descriptiva.

El estudio se orienta a caracterizar de manera sistemática las condiciones físicas, jurídicas, económicas y sociales de los predios del municipio de Buenavista, en el marco del proceso de actualización catastral con enfoque multipropósito. Su propósito central consiste en identificar la situación actual del territorio, reconocer brechas de información, inconsistencias estructurales y condiciones que inciden en la gestión predial, como fundamento para la formulación de una estrategia técnico-jurídica de intervención.

De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), los estudios descriptivos buscan especificar propiedades, características y perfiles de un fenómeno mediante la medición y análisis de variables observables. En este caso, la investigación describe y sistematiza información territorial integral física, jurídica, económica y social, con el fin de estructurar una propuesta técnica fundamentada en evidencia empírica.

1.5.3. Población y Muestra

La población del estudio del presente trabajo de grado está constituida por la totalidad de predios urbanos y rurales del municipio de Buenavista, departamento de Sucre, concebidos como unidades integrales que articulan información física, jurídica, económica y social conforme al enfoque del catastro multipropósito establecido por la política pública colombiana (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2019; Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2023a). Desde la perspectiva metodológica, la población corresponde al conjunto total de casos que comparten características definidas y sobre los cuales se pretende realizar inferencias o aplicar procedimientos sistemáticos (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). En este proyecto, la unidad de análisis es el predio, entendido no únicamente como objeto físico

delimitado espacialmente, sino como unidad sociojurídica, económica y territorial, en coherencia con el alcance ampliado del catastro multipropósito que articula la información de los componentes físico, jurídico, económico y social del predio (Miranda Miranda, 2012; Sapag Chain et al., 2014).

La caracterización cuantitativa de la población del estudio se establece a partir del universo predial proyectado para el municipio de Buenavista. El universo predial total comprende cinco mil ciento treinta y cinco predios (5.135), distribuidos en tres mil novecientos veinte predios urbanos (3.920) localizados en la cabecera municipal y mil doscientos quince predios rurales (1.215) distribuidos sobre el territorio municipal de ciento veinticuatro kilómetros cuadrados (124 km²). Esta cifra representa un crecimiento del treinta por ciento sobre los tres mil novecientos cuarenta y nueve predios (3.949) preexistentes registrados en la última actualización catastral del municipio realizada en el año dos mil ocho (2008), lo que evidencia tanto la expansión predial efectiva del territorio durante el periodo de rezago catastral superior a quince años como la ampliación del alcance del catastro multipropósito respecto del catastro tradicional. La proyección poblacional municipal correspondiente al año dos mil veinticuatro es de once mil trescientos sesenta y un habitantes (11.361), con una distribución de setenta y ocho coma dos por ciento (78,2%) de población urbana y veintiuno coma ocho por ciento (21,8%) de población rural (DANE, 2024), condiciones que configuran el contexto demográfico de la población predial del estudio.

La estructuración territorial de la población del estudio se organiza mediante cinco unidades de intervención territorial (UIT) que cubren la totalidad del universo predial municipal. Las cuatro UIT rurales suman catorce mil setecientas una coma ochenta y cuatro hectáreas (14.701,84 ha) y comprenden mil doscientos quince (1.215) predios rurales distribuidos así: UIT

01 con cuatro mil setecientas treinta coma sesenta y nueve hectáreas (4.730,69 ha) y cuatrocientos ochenta y cinco (485) predios; UIT 02 con tres mil cuatrocientas ochenta y seis coma ochenta y ocho hectáreas (3.486,88 ha) y trescientos treinta y ocho (338) predios; UIT 03 con tres mil novecientas diecinueve coma cincuenta hectáreas (3.919,50 ha) y doscientos once (211) predios; y UIT 04 con dos mil quinientas sesenta y cuatro coma setenta y siete hectáreas (2.564,77 ha) y ciento ochenta y un (181) predios. La quinta UIT corresponde a la zona urbana, con ciento seis coma setenta y siete hectáreas (106,77 ha) y tres mil novecientos veinte (3.920) predios urbanos distribuidos en los doce barrios de la cabecera municipal (Belén, Coyongo, El Viajano, Las Marías, Mejor Esquina, Nueva Estación, Puerto Córdoba, Santa Clara, Santa Fe de Arcil 1, Santa Fe de Arcil 2, Tierra Santa y Veracruz).

Para el desarrollo metodológico del estudio, la cobertura de la información sobre la población se distribuye en dos enfoques articulados, conforme a las características de los componentes del catastro multipropósito y a las características operativas del proyecto. Para los componentes físico, jurídico y social, se aplica el principio de cobertura universal del universo predial, dado que la naturaleza del servicio público de gestión catastral establecida por el artículo 79 de la Ley 1955 de 2019 exige el levantamiento integral sobre la totalidad de los predios del territorio (Congreso de la República de Colombia, 2019). La recolección de información se realiza mediante encuesta estructurada implementada a través del aplicativo QField sobre dispositivos móviles, articulado con el sistema de información geográfica QGIS y con el modelo de datos LADM_COL en formato XTF conforme a la Resolución 746 de 2024 del IGAC (IGAC, 2024b). La efectividad de la aplicación sobre cada predio está condicionada a la atención de la visita por parte del titular del derecho (propietario, poseedor u ocupante) y a su disposición de suministrar la información requerida, conforme al deber legal de participación

establecido por el artículo 81 de la Ley 1955 de 2019. La operación se articula con tres métodos de levantamiento conforme al marco técnico del catastro multipropósito: el método directo en cuatro mil trescientos noventa y tres predios (4.393, equivalentes al 85,5% del universo predial), el método colaborativo en cuatrocientos noventa y un predios (491, equivalentes al 9,6%) y el método indirecto en doscientos cincuenta y un predios (251, equivalentes al 4,9%), distribución que responde a las características de accesibilidad, disponibilidad de información secundaria y condiciones operativas de cada porción del territorio.

Para el componente económico, se aplica un enfoque muestral conforme a la metodología establecida por el Instructivo IN-GCT-PC03-01 del IGAC para la elaboración del estudio de zonas homogéneas físicas y geoeconómicas y la determinación del valor unitario e integral por tipo de construcción (IGAC, 2024a). La muestra técnica corresponde al conjunto de puntos de investigación de mercado inmobiliario seleccionados sobre las zonas homogéneas físicas y geoeconómicas del municipio mediante criterios de representatividad territorial, homogeneidad física, disponibilidad de información verificable de transacciones inmobiliarias y cobertura de la diversidad de tipos de construcción y usos del suelo presentes en el territorio. Esta muestra técnica permite estimar valores unitarios comerciales representativos para cada zona homogénea, garantizando coherencia estadística y consistencia espacial en la determinación del avalúo catastral, conforme al marco técnico de la mass appraisal aplicable al catastro multipropósito (International Association of Assessing Officers [IAAO], 2017; Tomić et al., 2021). La definición del tamaño y la distribución territorial de la muestra de puntos de investigación se realiza durante la fase de preparación del proyecto sobre la base de la zonificación homogénea preliminar del territorio municipal, aplicando criterios estadísticos de

representatividad que aseguren la robustez del avalúo y respeten la diversidad espacial del mercado inmobiliario local.

La articulación entre el enfoque de cobertura universal para los componentes físico, jurídico y social y el enfoque muestral para el componente económico configura el dispositivo metodológico integral del estudio, alineado con la lógica del catastro multipropósito como servicio público de información territorial. Esta articulación garantiza la captura precisa y predial de la información sustantiva sobre derechos, características físicas e identidad social de cada uno de los cinco mil ciento treinta y cinco predios del universo, y la captura técnicamente representativa de la información económica que sustenta la asignación de valor unitario por zona homogénea sobre todo el territorio municipal. La combinación de ambos enfoques en el marco del proyecto se desarrolla durante el horizonte de ejecución de once meses conforme a los hitos y plazos del proyecto desarrollados en los capítulos siguientes del trabajo.

1.5.4. Herramientas para la Recolección de Información

La recolección de información en un proyecto de formación y/o actualización catastral con enfoque multipropósito constituye el punto de origen de la cadena de valor del dato catastral. De la calidad, trazabilidad y consistencia con que se ejecute esta fase depende la utilidad ulterior del catastro como insumo para el ordenamiento territorial, la formalización de la propiedad rural, la fiscalidad local y la gestión de tierras. En el marco conceptual del Project Management Institute (PMI, 2025), las herramientas aquí descritas se entienden como recursos físicos y de información del proyecto, alineadas con el dominio de desempeño de Recursos y articuladas de manera concurrente con los dominios de Entregables e Incertidumbre.

Para los efectos de este trabajo, se distingue entre herramienta y técnica. La herramienta es el instrumento, dispositivo, formato, plataforma o aplicativo mediante el cual se obtiene, almacena o procesa la información primaria del territorio. La técnica corresponde al procedimiento metodológico de uso de la herramienta y se desarrolla en acápites específicos. Esta delimitación responde al principio PMI de incorporar la calidad en los procesos y entregables (PMI, 2025), en tanto la trazabilidad metodológica exige diferenciar el instrumento del procedimiento. La articulación con el principio de centrarse en el valor (PMI, 2025) se materializa en la concepción de las herramientas como medios para producir el dato catastral en su condición de activo de valor público, conforme a la política nacional de catastro multipropósito (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2019).

El acápite se organiza por etapas de la cadena de captura del dato: preparación y planificación, captura física y geoespacial, captura jurídica y documental, captura del componente económico, diálogo intercultural y participación social, y gestión digital con aseguramiento de calidad. Cada bloque referencia la normativa primaria que sustenta la herramienta y articula explícitamente su rol en los dominios de desempeño del PMBOK octava edición (PMI, 2025).

Herramientas para la preparación y planificación de la captura

Las herramientas de esta etapa permiten construir el conocimiento territorial de gabinete que precede a la intervención en campo. Su función es habilitar el prediagnóstico, dimensionar el universo predial, identificar fuentes secundarias y configurar la línea base cartográfica.

- **Cartografía base oficial y ortofotomosaicos.** Producto cartográfico georreferenciado que constituye el sustrato espacial sobre el cual se materializa la información predial.

Comprende cartografía básica (planimetría, altimetría, hidrografía, vías) y ortofotomosaicos derivados de fotografía aérea o imagen satelital con corrección geométrica. La normativa colombiana exige que la cartografía base cumpla estándares de exactitud posicional definidos por el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2023a). En proyectos catastrales multipropósito, los ortofotomosaicos suelen producirse específicamente para el proyecto mediante sensores aerotransportados o vehículos aéreos no tripulados, alcanzando resoluciones espaciales subdecimétricas en zonas urbanas y de orden decimétrico en zonas rurales.

- **Modelo de aplicación LADM_COL.** Modelo conceptual de datos para la administración del territorio adoptado por Colombia mediante la Resolución 746 de 2024 del IGAC, que actualiza la Resolución 471 de 2020. LADM_COL es la implementación nacional del estándar internacional ISO 19152 (Land Administration Domain Model) y define las clases, atributos y relaciones que estructuran la información catastral, registral y de derechos sobre la tierra (IGAC, 2024). El modelo asegura la interoperabilidad semántica entre actores del sistema de administración de tierras y constituye la referencia obligada para el almacenamiento y la transferencia de información catastral.
- **Formato de intercambio XTF.** El XML Transfer Format (XTF) es el formato estándar para el intercambio de datos estructurados conforme a modelos INTERLIS, lenguaje de modelado adoptado por el IGAC para la implementación de LADM_COL. La validación XTF asegura que los datos entregados por el operador cumplan la estructura, tipos y restricciones del modelo, requisito explícito de los procesos de aseguramiento de calidad establecidos por el IGAC (IGAC, 2023a, 2024).

- **Inventario de fuentes secundarias.** Repositorio sistematizado de fuentes documentales preexistentes que aportan información al proyecto. Incluye fichas catastrales históricas, bases prediales del IGAC, folios de matrícula inmobiliaria, instrumentos de planificación territorial, registros notariales, archivos de entidades sectoriales y bases de datos de acueductos y servicios públicos. Su construcción inicial constituye un entregable del Hito 1 y se actualiza durante la ejecución (IGAC, 2023a).
- **Sistema de información geográfica de gabinete.** Plataforma digital para la integración, visualización, análisis y producción cartográfica. La herramienta de referencia en el sector catastral colombiano es QGIS, plataforma de software libre y de código abierto bajo licencia GNU GPL, que cuenta con extensiones específicas para validación LADM_COL e INTERLIS, y que es ampliamente adoptada por el IGAC y los gestores catastrales por su gratuidad, interoperabilidad y soporte de la comunidad geoespacial (QGIS Development Team, 2024). Su uso en gabinete habilita el prediagnóstico territorial, la depuración cartográfica y el control de calidad espacial.
- **Instrumentos de planificación territorial.** Documentos oficiales de ordenamiento territorial municipal y ambiental que aportan capas de información estructurante: Esquema, Plan Básico o Plan de Ordenamiento Territorial, Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas (POMCA), planes de manejo de áreas protegidas, instrumentos de ordenamiento étnico cuando aplique. Su uso es obligado por mandato de la Ley 388 de 1997 y la normativa ambiental concurrente (Congreso de la República de Colombia, 1997).
- **Herramientas para la captura física y geoespacial en campo.** Las herramientas de esta etapa permiten materializar el levantamiento predial sobre el terreno con la exactitud

posicional exigida por la normativa catastral. Constituyen el bloque instrumental de mayor peso técnico y económico del proyecto, y su selección y operación determinan directamente la calidad geométrica del producto cartográfico y el cumplimiento de los estándares de aseguramiento de calidad (IGAC, 2023a).

- **Receptores GNSS de doble frecuencia.** Equipos de posicionamiento por satélite que captan señales en al menos dos frecuencias de los sistemas globales de navegación (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou). La doble frecuencia permite corregir el error ionosférico y obtener precisiones del orden centimétrico mediante técnicas de posicionamiento diferencial cinemático en tiempo real (RTK) o postproceso (PPK). Son la herramienta primaria para el levantamiento de linderos en zonas rurales y para el establecimiento de puntos de control geodésico. La normativa de exactitud posicional exigida por el IGAC condiciona la elección de la categoría del equipo según las tolerancias requeridas por tipo de zona (IGAC, 2023a).
- **Vehículos aéreos no tripulados (drones) para fotogrametría.** Plataformas aéreas que portan sensores ópticos para la captura de fotografía aérea de alta resolución, procesada posteriormente mediante algoritmos fotogramétricos para producir ortomosaicos, modelos digitales de superficie y nubes de puntos. Resultan especialmente útiles en zonas urbanas densas y en zonas rurales con accesibilidad terrestre limitada. La operación está regulada por la normativa aeronáutica colombiana de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (Aerocivil) y exige permisos, planes de vuelo y, según el caso, piloto certificado. Las precisiones alcanzables dependen de la resolución del sensor, la altura de vuelo, el solapamiento entre fotogramas y el establecimiento de puntos de control terrestre.

- **Estaciones totales y niveles topográficos.** Instrumentos topográficos electrónicos para la medición de ángulos, distancias y diferencias de altura mediante señal óptica. Su uso se reserva a casos específicos: zonas con obstrucción severa de señal satelital (zonas urbanas densamente edificadas, zonas con cobertura arbórea cerrada), levantamientos de detalle constructivo y verificación de control. En la cadena instrumental contemporánea son herramientas complementarias, no primarias.
- **Dispositivos móviles de campo con software de captura.** Tablet o equipos portátiles ruggedizados (con protección frente a polvo, agua y caídas) que ejecutan aplicaciones para la captura digital del dato predial directamente en terreno. La herramienta de referencia para captura geoespacial en campo en proyectos catastrales colombianos es QField, aplicación de software libre integrada con QGIS que permite cargar proyectos cartográficos preconfigurados, capturar geometrías y atributos sobre cartografía base, registrar puntos GNSS, fotografías georreferenciadas y firmas digitales, y sincronizar la información con el repositorio central del proyecto (OPENGIS.ch, 2024). La captura digital sustituye los formularios en papel, reduce errores de transcripción y habilita el aseguramiento de calidad en línea.
- **Herramientas accesorias de captura.** Cintas métricas de fibra de vidrio, distanciómetros láser portátiles, GPS de mano de precisión submétrica para georreferenciación rápida, brújulas, jalones y prismas. Su rol es complementario y de apoyo a las herramientas primarias.
- **Herramientas para la captura jurídica y documental**
Las herramientas de esta etapa permiten capturar la información sobre los derechos, las relaciones jurídicas y los soportes documentales asociados a cada predio. Su rigor es

condición necesaria para que el catastro multipropósito cumpla su función de coordinación con el sistema registral y de habilitación de la formalización de la propiedad rural (DNP, 2019).

- **Formatos de declaración predial y de reconocimiento.** Instrumentos diseñados por el IGAC para registrar, en presencia del titular, poseedor, ocupante o tenedor, la información jurídica, física y económica del predio. Incluyen identificación del declarante, derechos alegados, soportes documentales presentados, descripción del predio, mejoras, destinación económica y observaciones. Los formatos están estructurados conforme al modelo LADM_COL para asegurar la interoperabilidad de los datos capturados (IGAC, 2024).
- **Instrumentos de consulta a fuentes registrales.** Herramientas de acceso a la información de la Superintendencia de Notariado y Registro: folios de matrícula inmobiliaria, certificados de tradición y libertad, índices de propietarios. La consulta sistemática permite contrastar la información declarada con la información registral y detectar inconsistencias entre el catastro y el registro. La integración catastro-registro es objetivo expreso de la política de catastro multipropósito (Congreso de la República de Colombia, 2019; DNP, 2019).
- **Bases de datos notariales.** Repositorios de información sobre escrituras públicas, transacciones inmobiliarias y actos notariales que afectan la situación jurídica del predio. Su disponibilidad varía según el municipio y la cooperación interinstitucional disponible.
- **Instrumentos de captura de derechos informales.** Formatos específicos para el reconocimiento de relaciones de tenencia distintas a la propiedad formalizada (posesión, ocupación, mera tenencia, derechos comunitarios), conforme al alcance del catastro

multipropósito definido en el Decreto Ley 902 de 2017 y la normativa concurrente (Presidencia de la República de Colombia, 2017). Estos instrumentos permiten visibilizar situaciones de informalidad jurídica que el catastro tradicional invisibilizaba.

- **Documentos de identificación y soportes.** Cédula de ciudadanía, documentos de identidad de personas jurídicas, escrituras públicas, sentencias, resoluciones administrativas, contratos y demás soportes que se digitalizan e indexan en el expediente predial digital del proyecto.
- **Herramientas para la captura del componente económico¹.** Las herramientas de esta etapa permiten construir el componente económico del catastro: la zonificación homogénea física y geoeconómica, las tablas de valores y la asignación del avalúo catastral a cada predio. Su solidez determina la utilidad fiscal del catastro y su pertinencia como insumo para los planes de ordenamiento territorial y los instrumentos de gestión del suelo (Congreso de la República de Colombia, 1983, 1997).
- **Bases de datos de ofertas inmobiliarias y transacciones.** Repositorios sistematizados de información de mercado: precios de oferta publicados en portales especializados, transacciones registradas en notaría, ofertas de inmobiliarias locales. Su rol es alimentar el análisis estadístico que sustenta los valores de referencia. La calidad del componente económico depende sustancialmente del volumen, la representatividad geográfica y la veracidad de la información de mercado disponible (IGAC, 2008).
- **Fichas de investigación económica de mercado.** Instrumentos de levantamiento directo en campo que permiten capturar información de oferta y transacción que no está disponible en bases secundarias. Especialmente relevantes en zonas rurales y municipios con mercado inmobiliario poco desarrollado o con baja formalización notarial.

- **Formatos de avalúo masivo y avalúo puntual.** Instrumentos de estimación del valor catastral. El avalúo masivo aplica modelos estadísticos a conjuntos de predios homogéneos para asignar valores eficientemente. El avalúo puntual se reserva a predios singulares o atípicos que requieren análisis individual. Los formatos están normalizados por el IGAC mediante la Resolución 620 de 2008 y normativa subsiguiente (IGAC, 2008).
- **Modelos econométricos y tablas de valores.** Modelos estadísticos que relacionan variables explicativas del valor (localización, área, uso, características constructivas, accesibilidad, servicios) con el precio observado en el mercado, para producir estimadores de valor por zona. Las tablas de valores constituyen el resultado de este proceso y son el insumo directo para la asignación del avalúo a los predios.
- **Instrumentos de zonificación homogénea.** Herramientas cartográficas y analíticas para delimitar Zonas Homogéneas Físicas (ZHF) según características del suelo, topografía, uso y dotación de servicios, y Zonas Homogéneas Geoeconómicas (ZHG) según rangos de valor de mercado. La zonificación es el dispositivo cartográfico que articula el componente físico con el componente económico (IGAC, 2008).
- **Acceso a información sectorial complementaria.** Bases de datos del sector financiero (avalúos hipotecarios cuando estén disponibles), gremios inmobiliarios, lonjas de propiedad raíz y entidades del sector agropecuario para zonas rurales. La cooperación interinstitucional habilita o limita el acceso a estos recursos de información (Congreso de la República de Colombia, 1993).
- **Herramientas para el diálogo intercultural y la participación social.** Las herramientas de esta etapa permiten implementar el principio de participación,

transparencia y reconocimiento de la diversidad étnica y cultural en la ejecución del catastro multipropósito. Su uso es transversal al proyecto y condiciona la legitimidad social de la información capturada (DNP, 2019; IGAC, 2023b). Aun cuando un municipio no cuente con territorios étnicos formalizados, la presencia de población étnica reconocida o autorreconocida impacta el proceso y demanda instrumentos diferenciales de relacionamiento.

- **Mapa de actores.** Herramienta de diagnóstico social que identifica, caracteriza y clasifica a los actores institucionales, comunitarios, gremiales y étnicos con interés o influencia en el proyecto, y registra su nivel de poder, posición frente al proyecto y estrategia de relacionamiento sugerida. Es insumo del Plan de Diálogo Intercultural y se actualiza durante la ejecución.
- **Fichas de caracterización social y ambiental.** Instrumentos de levantamiento de información sobre la composición demográfica, organizativa, cultural y ambiental del territorio. Permiten anticipar sensibilidades, riesgos y oportunidades de articulación, e identificar la presencia de comunidades étnicas, organizaciones sociales y conflictividades activas.
- **Formatos de interlocución y socialización.** Plantillas estandarizadas para la convocatoria, la asistencia, el desarrollo de jornadas de socialización predial y comunitaria, y el registro de compromisos. Incluyen formatos de acta, listas de asistencia con consentimiento informado para el tratamiento de datos personales conforme a la Ley 1581 de 2012 (Congreso de la República de Colombia, 2012), y registros fotográficos.
- **Materiales pedagógicos diferenciales.** Piezas comunicativas adaptadas culturalmente a los públicos del proyecto: cartillas, infografías, audios en lenguas propias cuando

aplique, videos cortos, materiales para población con limitaciones funcionales. La adaptación responde al principio PMI de liderar con responsabilidad (PMI, 2025) y al mandato de adecuación cultural de los procesos de consulta y socialización.

- **Instrumentos de salvaguarda étnica.** Formatos específicos para el relacionamiento con comunidades étnicas, conforme a la Resolución transitoria 338 de 2023 del IGAC (IGAC, 2023b), el Decreto 0462 de 2025 sobre catastro multipropósito en territorios indígenas (Presidencia de la República de Colombia, 2025a) y el Decreto 1139 de 2025 sobre catastro multipropósito en territorios colectivos afrodescendientes (Presidencia de la República de Colombia, 2025b). En contextos donde la comunidad étnica no cuenta con territorio colectivo formalizado pero sí con organización reconocida o autorreconocimiento, los instrumentos de salvaguarda se aplican de manera adaptada para garantizar el relacionamiento respetuoso y la participación efectiva, en concordancia con el Convenio 169 de la OIT incorporado al derecho colombiano por la Ley 21 de 1991 (Congreso de la República de Colombia, 1991).
- **Herramientas digitales de gestión, trazabilidad y aseguramiento de calidad.** Las herramientas de esta etapa permiten gestionar la información del proyecto de manera centralizada, trazable y auditable, en cumplimiento de los estándares de aseguramiento de calidad y consistencia lógica del IGAC (IGAC, 2023a). Su rol es transversal al ciclo de vida del proyecto.
- **Sistemas de gestión documental.** Plataformas para la organización, custodia, control de versiones y trazabilidad de los productos documentales del proyecto. Incluyen mecanismos de control de acceso, registro de modificaciones y respaldo. Su uso es condición de auditabilidad del proyecto.

- **Plataformas de validación LADM_COL e INTERLIS.** Aplicativos especializados para verificar que los datos capturados cumplan la estructura, los tipos, las restricciones y las relaciones definidas en el modelo LADM_COL (IGAC, 2024). La validación se ejecuta en línea durante la captura y en lote sobre los entregables consolidados, mediante archivos en formato XTF que son el medio estándar de intercambio (IGAC, 2023a).
- **Sistemas de información geográfica de procesamiento.** Plataformas SIG para el procesamiento, validación topológica, integración multifuente y producción cartográfica final. QGIS, en su rol de plataforma libre con extensiones LADM_COL e INTERLIS, es la herramienta de referencia tanto en gabinete como en validación final (QGIS Development Team, 2024).
- **Tableros de seguimiento e indicadores.** Dispositivos de visualización del avance del proyecto contra hitos, productos e indicadores. Articulan el monitoreo del cronograma, los entregables y los riesgos.
- **Bitácoras digitales de campo.** Registros sincronizados con los dispositivos móviles de captura que permiten reconstruir la trazabilidad de cada visita predial: fecha, hora, equipo responsable, condiciones, observaciones, productos generados.
- **Repositorios con control de versiones.** Sistemas de gestión de versiones para los productos cartográficos y documentales que permiten auditar cambios, recuperar estados anteriores y mantener consistencia entre miembros del equipo.

En el PMBOK octava edición, este bloque articula los dominios de Recursos (recursos digitales del proyecto), Entregables (cumplimiento de estándares LADM_COL y aseguramiento de calidad) e Incertidumbre (la trazabilidad como mitigación del riesgo de inconsistencia,

pérdida de información o fallas en la entrega). El principio de incorporar la calidad en los procesos y entregables encuentra aquí su materialización tecnológica más explícita (PMI, 2025).

Las herramientas de recolección de información se distribuyen en seis bloques que recorren la cadena de valor del dato catastral, desde la preparación de gabinete hasta la gestión digital con aseguramiento de calidad. La articulación con el PMBOK octava edición no se reduce a un dominio único: si bien Recursos es el dominio rector del acápite (las herramientas son recursos físicos y de información del proyecto), los dominios de Entregables, Incertidumbre e Interesados concurren de manera diferencial según el bloque (PMI, 2025). Los principios PMI de centrarse en el valor, incorporar la calidad en los procesos y entregables, liderar con responsabilidad e integrar la sostenibilidad atraviesan transversalmente la concepción y la operación de las herramientas. Esta articulación instrumental, normativa y metodológica constituye la base sobre la cual se desarrollan, en acápite posteriores, los procedimientos técnicos y la aplicación al caso de estudio.

1.5.5. Fuentes de información (primarias y secundarias).

La formulación del proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito para el municipio de Buenavista se sustenta en un sistema integrado de fuentes de información primarias y secundarias, estructurado bajo criterios técnicos de pertinencia, vigencia, trazabilidad, interoperabilidad y validación. Este enfoque reconoce que la calidad del proyecto depende no solo de la disponibilidad de información, sino de la capacidad para articular, contrastar y controlar los insumos utilizados a lo largo de las distintas fases del proceso.

Desde una perspectiva de investigación aplicada, las fuentes de información se conciben como entradas controladas del proyecto, sujetas a requisitos de aceptación y a mecanismos de verificación que permiten reducir riesgos asociados a desactualización, inconsistencias gráfico–alfanuméricas, vacíos documentales y divergencias entre registros institucionales.

Criterios técnicos para la selección y uso de fuentes

La selección de las fuentes de información responde a criterios técnicos orientados a garantizar su utilidad para la formulación del proyecto y su eventual ejecución. Entre los criterios adoptados se destacan: (i) la vigencia temporal de los insumos y su representatividad frente a la dinámica actual del territorio; (ii) la escala, resolución y nivel de detalle de la información, especialmente relevante para el componente físico; (iii) la cobertura territorial, diferenciada por cabecera municipal, centros poblados y área rural; (iv) la trazabilidad institucional y la identificación clara de responsables; y (v) la compatibilidad técnica con los modelos de datos y estándares definidos para la gestión catastral.

Estos criterios permiten clasificar las fuentes no solo por su naturaleza (primaria o secundaria), sino también por su rol metodológico dentro del proyecto, diferenciando aquellas que actúan como referencia, aquellas que soportan análisis comparativos y aquellas que constituyen evidencia directa para la toma de decisiones.

Fuentes de información secundarias

Las fuentes secundarias corresponden a información institucional preexistente que sirve como base de referencia para el diagnóstico del estado actual del catastro y para la formulación del proyecto. Estas fuentes abarcan múltiples componentes del enfoque multipropósito y permiten contextualizar la información primaria dentro de un marco normativo, técnico y territorial más amplio.

En el componente físico, las fuentes secundarias incluyen cartografía base, ortoimágenes y modelos del terreno, que permiten establecer una referencia geométrica inicial, orientar procesos de fotointerpretación y apoyar la identificación de cambios en la ocupación y uso del suelo. En el componente jurídico, se consideran registros prediales, actos administrativos y documentos asociados al régimen de propiedad y a las delimitaciones territoriales, los cuales permiten construir hipótesis jurídicas iniciales y definir rutas de verificación documental.

Para el componente económico, las fuentes secundarias aportan información sobre zonificación, valores y dinámicas del mercado inmobiliario, fundamentales para el análisis de consistencia y la formulación de criterios de valoración. En el componente social, se incluyen registros demográficos, diagnósticos territoriales y cartografías sociales que permiten identificar actores, dinámicas comunitarias y posibles riesgos sociales asociados al proceso. Finalmente, el componente ambiental se apoya en información sobre determinantes, amenazas naturales y restricciones, esenciales para la planeación operativa y la lectura integral del territorio.

Estas fuentes secundarias no se incorporan de manera acrítica, sino que funcionan como insumos de contraste y validación para la información generada durante el proyecto, reconociendo sus posibles limitaciones en términos de actualización, escala o cobertura.

Fuentes de información primarias

Las fuentes primarias corresponden a la información generada directamente durante las actividades de levantamiento, verificación y actualización predial. Estas fuentes constituyen el núcleo del proceso catastral y adquieren valor en la medida en que su producción se ajusta a estándares técnicos, metodológicos y de calidad previamente definidos.

Dentro de las fuentes primarias se incluyen los registros alfanuméricos prediales capturados en campo y gabinete, las geometrías actualizadas de los predios, los puntos de

control y las evidencias de soporte asociadas a cada unidad predial, tales como registros fotográficos y documentos aportados por los interesados. La información primaria se concibe como información verificable y auditable, cuya trazabilidad permite reconstruir el proceso de captura, validación y aprobación de cada dato.

Un principio central de la formulación del proyecto es que la información primaria no sustituye automáticamente a la secundaria, sino que se valida frente a ella mediante procesos de contraste, consistencia lógica y coherencia espacial. De este modo, el proyecto privilegia la producción de información primaria controlada, capaz de integrarse de manera consistente al sistema catastral nacional.

Validación, control y aseguramiento de la calidad de la información

La gestión de las fuentes de información incorpora un enfoque de aseguramiento de la calidad basado en la definición de requisitos de entrada, criterios de aceptación y mecanismos de validación. Cada fuente, independientemente de su origen, debe cumplir condiciones mínimas relacionadas con su definición técnica, soporte documental, responsable institucional y posibilidad de verificación.

Los procesos de validación consideran, entre otros aspectos, la consistencia interna de los datos, la coherencia entre los componentes gráfico y alfanumérico, el cumplimiento de los atributos obligatorios definidos para cada componente y la alineación con el marco normativo vigente. Este enfoque reduce la probabilidad de reprocesos y fortalece la confiabilidad de los productos resultantes de la formulación del proyecto.

Gobernanza del dato y gestión documental

La formulación del proyecto reconoce la importancia de la gobernanza del dato como un elemento transversal. En este sentido, se establecen principios orientados al control de versiones, la trazabilidad de las fuentes, la seguridad de la información y la protección de los soportes físicos y digitales. La gestión documental se concibe como un proceso activo que garantiza la integridad, disponibilidad y reproducibilidad de la información utilizada y generada.

Matriz conceptual de trazabilidad de fuentes

Con el fin de elevar el nivel de control metodológico y fortalecer la articulación entre las fuentes de información y la planeación del proyecto, se define una matriz conceptual de trazabilidad que relaciona cada tipo de fuente con su uso, riesgos y mecanismos de validación. Esta (tabla 4) matriz constituye una herramienta analítica que conecta las fuentes de información con el alcance, la EDT, el cronograma y el sistema de aseguramiento de la calidad.

Tabla 4.*Matriz conceptual de trazabilidad de fuentes de información*

Tipo de fuente	Componente	Fase del proyecto	Uso principal	Riesgo asociado	Mecanismo de validación	Evidencia de aceptación
Secundaria	Físico	Diagnóstico	Referencia cartográfica y análisis preliminar	Desactualización o baja resolución	Contraste con ortoimagen y levantamiento de campo	Informe de consistencia espacial
Secundaria	Jurídico	Diagnóstico	Identificación de antecedentes y restricciones	Inconsistencias registrales	Verificación cruzada con información primaria	Registro de validación documental
Secundaria	Económico	Formulación	Soporte para zonificación y análisis de valores	Sesgo por condiciones de mercado	Análisis comparativo y ajustes técnicos	Memoria técnica
Primaria	Físico	Ejecución	Captura de geometrías y atributos prediales	Error posicional o de delimitación	Validación topológica y control GNSS	Registro de control de calidad
Primaria	Jurídico	Ejecución	Verificación de información predial	Falta de soporte documental	Contraste con fuentes secundarias	Acta de validación predial
Primaria	Social	Ejecución	Identificación de actores y condiciones sociales	Resistencia comunitaria	Validación participativa	Registro de socialización

Nota: Construcción del autor acorde a contexto del proyecto.

Esta matriz permite visualizar de manera integrada el papel que desempeña cada fuente dentro del proyecto, los riesgos asociados a su uso y los mecanismos definidos para su validación, fortaleciendo así la coherencia metodológica y la solidez técnica de la formulación.

2. Estudios y Evaluaciones

2.1. Estudios de Mercado

El estudio de mercado, en proyectos de inversión convencionales, permite analizar la población objetivo, la demanda, la oferta, los precios, la competencia, los canales de comercialización y las estrategias para posicionar un bien o servicio en un mercado determinado (Baca Urbina, 2013; Sapag Chain et al., 2014). Sin embargo, el proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito en el municipio de Buenavista no responde a una lógica comercial, sino a la prestación de un servicio público regulado, obligatorio y de cobertura universal.

Por esta razón, los componentes del estudio de mercado no se desarrollan bajo enfoque tradicional. En lugar de analizar consumidores, ventas, competidores, precios o canales de distribución, el proyecto exige reinterpretar estas categorías desde la gestión pública, la planificación territorial, la capacidad institucional y los dominios de desempeño del PMBOK octava edición, especialmente alcance, recursos, cronograma, finanzas, interesados e incertidumbre (PMI, 2025).

2.1.1. Población

En un estudio de mercado tradicional, la población se entiende como el conjunto de consumidores o usuarios potenciales hacia quienes se dirige un producto o servicio, con el propósito de estimar el mercado objetivo, caracterizar necesidades y proyectar la demanda (Baca Urbina, 2013; Sapag Chain et al., 2014). Esta lógica no resulta aplicable al proyecto, porque los propietarios, poseedores, ocupantes y tenedores de predios del municipio de Buenavista no actúan como consumidores que eligen adquirir un servicio catastral, ni pueden decidir libremente si participan o no en el proceso.

En este caso, la categoría de población se sustituye por la de universo predial, entendido como la totalidad de predios urbanos y rurales sobre los cuales recae la obligación legal de actualización catastral. La intervención no se dirige a un segmento seleccionado del mercado, sino al conjunto completo del territorio municipal, en virtud del carácter público de la gestión catastral y de su regulación en la Ley 14 de 1983, la Ley 44 de 1990, la Ley 1955 de 2019, la Ley 2294 de 2023, el Decreto 1983 de 2019, el CONPES 3958 de 2019 y la Resolución 1040 de 2023 del IGAC (IGAC, 2023; Congreso de la República de Colombia, 1983, 2019, 2023).

Para Buenavista, el universo predial proyectado asciende a 5.135 predios, distribuidos en 3.920 urbanos y 1.215 rurales, organizados en cinco Unidades de Intervención Territorial. Así, la población humana del municipio (estimada en 11.361 habitantes por el DANE) no constituye la unidad de análisis del mercado, sino el universo de interesados para efectos de socialización, atención ciudadana, diálogo intercultural y gestión de la aceptación social del proyecto (DANE, 2024; PMI, 2025; DNP, 2019).

2.1.2. Proyección Demanda del Mercado

La demanda, bajo un enfoque comercial, se calcula a partir del volumen de bienes o servicios que los consumidores estarían dispuestos a adquirir en un período determinado, considerando variables como precio, ingreso, preferencias, sustitutos y evolución de la población objetivo (Baca Urbina, 2013; Sapag Chain et al., 2014). En el proyecto catastral de Buenavista, esta lógica pierde pertinencia, dado que no existe una demanda voluntaria ni una relación precio - cantidad demandada.

La necesidad del proyecto surge de una obligación pública y de una condición técnica: la existencia de una brecha catastral multipropósito. Esta brecha representa la diferencia entre el estado actual de la información predial del municipio y los estándares de calidad, completitud, integralidad e interoperabilidad exigidos por la Resolución 1040 de 2023 del IGAC y el modelo LADM_COL adoptado mediante la Resolución 746 de 2024 (IGAC, 2023a; IGAC, 2024).

En Buenavista, dicha brecha se manifiesta en cuatro dimensiones: cuantitativa, por omisiones, comisiones y desactualización predial; temporal, por el rezago de la última actualización catastral realizada en 2008; funcional, por la necesidad de migrar de un catastro tradicional a uno multipropósito interoperable; y de salvaguardas, por la presencia de población afrodescendiente organizada e indígena fuera de resguardo, que exige mecanismos diferenciales de relacionamiento (DNP, 2019; IGAC, 2023a, 2024; Ministerio del Interior, 2022). En consecuencia, no se proyecta una demanda de mercado, sino la magnitud técnica de la intervención requerida para cerrar la brecha catastral del municipio.

2.1.3. Proyección Oferta del Mercado

La oferta, en proyectos de mercado, se analiza mediante la capacidad de los proveedores existentes para atender la demanda, considerando competidores, participación de mercado, costos, tecnología y barreras de entrada (Baca Urbina, 2013; Sapag Chain et al., 2014). Para el caso de catastro multipropósito, no existe una oferta abierta ni múltiples prestadores compitiendo por atender el mismo territorio.

La gestión catastral es un servicio público regulado por el Estado colombiano. Su prestación está a cargo de actores institucionales específicos: la autoridad catastral nacional, los gestores catastrales habilitados y los operadores catastrales contratados para ejecutar labores técnicas y operativas. Además, sobre cada territorio municipal opera un único gestor catastral durante el período de intervención, lo que excluye la concurrencia simultánea de oferentes (Congreso de la República de Colombia, 2019, 2023; Presidencia de la República de Colombia, 2020; IGAC, 2023a).

En consecuencia, la oferta se reformula como capacidad institucional del catastro multipropósito. Esta capacidad comprende tres dimensiones: la normativa y metodológica, integrada por el marco legal, la regulación técnica del IGAC y la política pública de catastro multipropósito; la tecnológica e instrumental, conformada por el modelo LADM_COL, el formato XTF, los sistemas de información catastral y herramientas geoespaciales; y la operativa, asociada al despliegue territorial, la productividad esperada, los recursos humanos especializados y la programación por Unidades de Intervención Territorial. Desde el PMBOK, esta reformulación se relaciona con los dominios de recursos, cronograma, alcance y equipo (PMI, 2025).

2.1.4. Punto Equilibrio Oferta - Demanda del Mercado

El punto de equilibrio se utiliza en proyectos privados para identificar el nivel de producción o ventas en el cual los ingresos totales igualan los costos totales, permitiendo determinar el umbral mínimo de operación para no generar pérdidas (Baca Urbina, 2013; Miranda Miranda, 2017; Sapag Chain et al., 2014). Este cálculo requiere precio de venta, costos fijos, costos variables y margen de contribución, elementos que no existen en el proyecto de actualización catastral de Buenavista.

La intervención catastral debe cubrir la totalidad del universo predial, sin que sea posible definir un nivel mínimo de predios a intervenir para alcanzar viabilidad comercial. Tampoco existen ingresos por ventas al usuario final, pues el proyecto se financia mediante fuentes públicas, cooperación y esquemas definidos para el catastro multipropósito, como el CONPES 3958 de 2019 y el Decreto 140 de 2022 (DNP, 2019; Presidencia de la República de Colombia, 2022).

La categoría pertinente no es entonces el punto de equilibrio, sino el perfil temporal del flujo financiero del proyecto. Este análisis permite identificar como se relacionan la ejecución continua del gasto y la recepción periódica de recursos por hitos. Para Buenavista, el flujo se organiza en siete hitos durante once meses: un hito preoperativo del 15% cada uno y un hito postoperativo final del 10%. Esta estructura exige planear capital del trabajo, anticipar desfases entre gastos y pagos, y gestionar riesgos financieros asociados a la verificación de entregables. Por ello, el análisis se articula con los dominios PMBOK de finanzas, cronograma e incertidumbre (PMI, 2025).

2.1.5. Pronóstico de Ventas y Comercialización del Producto

El pronóstico de ventas estima los ingresos esperados por la colocación de un producto o servicio en el mercado, mientras que la comercialización define las acciones para promoverlo, distribuirlo y lograr su adopción por los consumidores. En este proyecto no hay ventas, clientes ni producto comercializable. La actualización catastral no se ofrece como un servicio opcional, sino que se ejecuta por mandato legal sobre la totalidad del territorio municipal.

Por ello, el pronóstico de ventas se reemplaza por la programación financiera y operativa del proyecto, expresada en hitos, entregables, costos y flujos de recursos. Del mismo modo, la comercialización se transforma en una estrategia de comunicación pública, participación social y relacionamiento territorial. Su propósito no es vender el servicio, sino informar a la comunidad, generar confianza, facilitar el acceso a los predios, promover la entrega de información veraz y reducir riesgos de oposición o resistencia social.

Esta estrategia resulta especialmente importante en Buenavista por la presencia de población afrodescendiente organizada mediante AFROSDEBUENAVISTA y población indígena fuera de resguardo. Aunque no existan territorios colectivos o resguardos formalizados, estas condiciones exigen aplicar mecanismos diferenciales de diálogo intercultural y comunicación, conforme a la Ley 2294 de 2023 y la normativa de salvaguardas étnicas (Congreso de la República de Colombia, 2023; Ministerio del Interior, 2022; IGAC, 2023b).

2.1.6. Factores de Competencia del Mercado y Distintivos del Proyecto

En un mercado competitivo, este componente permite identificar las ventajas del proyecto frente a otros oferentes, tales como precio, calidad, cobertura, tecnología, innovación o servicio al cliente. Para el proyecto catastral de Buenavista, el análisis no puede orientarse a ventajas competitivas, porque no existe competencia entre proveedores ni libertad de elección por parte de los usuarios.

Los factores distintivos del proyecto se ubican en otro plano: el valor público, la capacidad técnica, la cobertura universal, la interoperabilidad de la información y la articulación con la gestión territorial. La actualización catastral multipropósito no compite por clientes; genera información predial actualizada, interoperable y útil para la planeación, el ordenamiento territorial, la seguridad jurídica, la gestión fiscal y la toma de decisiones públicas (DNP, 2019; IGAC, 2023a; IGAC, 2024).

Entre los elementos diferenciadores del proyecto se encuentran la adopción del modelo LADM_COL, la producción de información en formato XTF, la estructuración por Unidades de Intervención Territorial, la incorporación de componentes físicos, jurídicos, económicos y sociales, y la gestión del relacionamiento comunitario e intercultural. Desde la gerencia de proyectos, estos elementos se articulan con los dominios de alcance, entregables recursos, interesados e incertidumbre del PMBOK octava edición (PMI, 2025).

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

La determinación de precios, en proyectos de mercado, busca fijar un valor de venta que responda a costos, competencia, disposición a pagar y rentabilidad esperada. En Buenavista, esta categoría no aplica como precio comercial, porque los titulares de derechos sobre los predios no pagan directamente por la actualización catastral y el servicio no se presta bajo una lógica de transacción de mercado (DNP, 2019; Congreso de la República de Colombia, 2019).

El análisis se traslada a la estructura de costos del servicio público catastral, compuesta por costos directos, costos indirectos, reservas de contingencia, reservas de gestión y costos de aseguramiento de la calidad. Estos componentes permiten dimensionar los recursos necesarios para ejecutar la intervención, garantizar la calidad de los entregables y gestionar la incertidumbre técnica, operativa y financiera del proyecto (PMI, 2025; IGAC, 2023a, 2024).

La estrategia de comercialización, por su parte, se reformula como estrategia de gestión del relacionamiento con interesados. Esta se materializa mediante instrumentos de diálogo intercultural, participación social y comunicaciones, orientados a informar, convocar, atender inquietudes, construir confianza y facilitar la cooperación ciudadana e institucional. Así, el proyecto sustituye la lógica de promoción comercial por una lógica de gestión social del territorio, vinculada directamente con los dominios PMBOK de Interesados, Entregables e Incertidumbre (PMI, 2025).

Finalmente, los canales de comercialización tampoco se entienden como rutas de distribución del producto, sino como estrategia de despliegue territorial. El servicio se presta directamente en el territorio mediante equipos técnicos y sociales, organizado en cinco Unidades de Intervención Territorial y articulado con actores institucionales, comunitarios y étnicos. Esta

estructura permite garantizar la cobertura total del universo predial, distribuir recursos y secuenciar la intervención conforme al cronograma del proyecto (IGAC, 2023a; Congreso de la República de Colombia, 2019, 2023; PMI, 2025).

2.2. Estudio Técnico

El estudio técnico de un proyecto de inversión analiza los aspectos relacionados con la materialización del bien o servicio, incluyendo la definición del producto, los procesos productivos, el tamaño óptimo, la localización, la organización institucional y humana, los requerimientos materiales y los supuestos y restricciones que enmarcan la ejecución (Baca Urbina, 2013; Miranda Miranda, 2017; Sapag Chain et al., 2014). En el marco del proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito para el municipio de Buenavista, estas dimensiones se abordan desde la naturaleza del servicio público catastral y desde el marco normativo, institucional y metodológico que rige su prestación en Colombia, integrando el análisis con los dominios de desempeño del PMBOK octava edición (PMI, 2025).

Los siete subacápites siguientes desarrollan secuencialmente cada una de estas dimensiones (definición del producto, ingeniería del proceso, tamaño, localización, organización, requerimientos materiales, y supuestos y restricciones), articulando los hallazgos del estudio de mercado previo con el desarrollo técnico que materializa la prestación del servicio en el territorio.

2.2.1. Definición Técnica y Conceptual del Proyecto - Producto

La definición técnica y conceptual del producto en un proyecto de inversión establece la naturaleza, los atributos, las funcionalidades y los estándares de calidad del bien o servicio que se entregará al concluir la ejecución (Miranda Miranda, 2017; Sapag Chain et al., 2014). En el marco metodológico del Project Management Institute, se enmarca en el dominio de desempeño de Entregables del PMBOK octava edición (PMI, 2025).

El producto del proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito para el municipio de Buenavista se define como un sistema de información territorial integral, interoperable, actualizado y multipropósito sobre el universo predial del municipio, que articula las dimensiones física, jurídica, económica, social y ambiental de los predios, y se estructura conforme al modelo LADM-COL adoptado por la Resolución 746 de 2024 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2024). Esta definición se sustenta en la política nacional de catastro multipropósito establecida por el CONPES 3958 de 2019 (DNP, 2019) y en el régimen de gestión catastral regulado por la Resolución 1040 de 2023 del IGAC (IGAC, 2023a). El carácter multipropósito se diferencia del catastro tradicional en cuatro atributos sustantivos: interoperabilidad con el sistema registral mediante LADM-COL, integración de las dimensiones social y ambiental del territorio, captura sistemática de derechos informales sobre la tierra, y vinculación con los instrumentos de ordenamiento territorial y de gestión del suelo.

El producto se materializa sobre el universo predial de 5.135 predios distribuidos en cinco unidades de intervención territorial, abarcando la cabecera municipal, los centros poblados rurales y la totalidad del área rural. Su caracterización específica incorpora rasgos particulares del territorio:

Rezago acumulado desde la última actualización catastral del año 2008.

Presencia de población étnica organizada en la asociación AFROSDEBUENAVISTA, reconocida por la Resolución 265 de 2022 del Ministerio del Interior, y de población indígena fuera de resguardo (Ministerio del Interior, 2022).

Cobertura del POMCA del río Bajo San Jorge sobre el 71,57 % del territorio municipal.

Reserva forestal en las veredas Santa Inés y Costa Rica.

Agotamiento del Esquema de Ordenamiento Territorial adoptado por la Resolución 188 de 2000.

El producto se descompone analíticamente en seis componentes que organizan la totalidad de los entregables técnicos: cinco corresponden a las dimensiones del catastro multipropósito y uno transversal de gestión documental y transferencia de conocimiento.

- Físico: cartografía catastral actualizada (ortofotomosaicos, productos vectoriales de límites prediales, puntos de control geodésico, modelos digitales del terreno e información geoespacial de soporte), conforme a los estándares de exactitud posicional y consistencia lógica de la Resolución 1040 de 2023 del IGAC (IGAC, 2023a). Constituye la base geométrica sobre la cual se referencian las demás dimensiones.
- Jurídico: información sobre derechos, relaciones jurídicas y soportes documentales asociados a cada predio (titulares, poseedores, ocupantes y tenedores; derechos alegados y sus soportes; restricciones y limitaciones; vinculación con el folio de matrícula inmobiliaria cuando exista; captura sistemática de derechos informales conforme al Decreto Ley 902 de 2017). Materializa la dimensión de seguridad jurídica del producto (Presidencia de la República de Colombia, 2017; IGAC, 2023a).

- Económico: zonificación homogénea física y geoeconómica, tablas de valores derivadas del análisis de mercado, avalúos catastrales asignados a cada predio y memoria técnica que sustenta la valoración, conforme a la Resolución 620 de 2008 del IGAC (IGAC, 2008). Constituye la base de la dimensión fiscal y vincula el catastro con el impuesto predial unificado y los instrumentos de gestión del suelo.
- Social: productos derivados de la gestión del relacionamiento con interesados (mapa de actores municipales, actas y soportes de jornadas de interlocución, registros de socialización predial, productos del diálogo intercultural con la población étnica organizada y soportes de aceptación social), conforme a la Resolución transitoria 338 de 2023 del IGAC (IGAC, 2023b). Materializa la dimensión de legitimidad social y constituye un elemento diferencial frente al catastro tradicional.
- Ambiental: vinculación del catastro con los instrumentos ambientales del territorio (determinantes del POMCA del río Bajo San Jorge, áreas de reserva forestal, regulaciones de uso del suelo) (Congreso de la República de Colombia, 1993). Materializa el principio PMI de integrar la sostenibilidad en todas las áreas del proyecto.

Gestión documental y transferencia de conocimiento (transversal): expediente predial digital de cada unidad predial, base documental consolidada del proyecto, productos de transferencia de capacidades a la administración municipal y documentación técnica de trazabilidad y auditabilidad. Habilita la conservación catastral una vez concluida la intervención.

Los estándares de calidad del producto se establecen normativamente y constituyen criterios de aceptación de los entregables (IGAC, 2023a, 2024; PMI, 2025):

- Consistencia lógica: la información capturada cumple las relaciones, restricciones y reglas semánticas del modelo LADM-COL.
- Exactitud posicional: la información cartográfica cumple tolerancias específicas de precisión geométrica diferenciadas por tipo de zona, verificadas mediante puntos de control y validación independiente.
- Integridad temática: la totalidad de los atributos definidos por LADM-COL se captura sin omisiones y con valores válidos conforme a los dominios establecidos.
- Interoperabilidad: la información se entrega en formato XTF conforme al lenguaje INTERLIS, asegurando compatibilidad con el Sistema Nacional de Información Catastral y con la Superintendencia de Notariado y Registro.
- Trazabilidad: cada dato puede rastrearse hasta su fuente, método de captura, responsable y procedimientos de validación, condición de auditabilidad del servicio público catastral.

La articulación temporal del producto con la ejecución se estructura en tres fases secuenciales que agrupan las cinco fases de la Estructura de Desglose del Trabajo: pre-operativa (planificación, diagnóstico, alistamiento operativo y articulación institucional inicial); operativa (levantamiento físico, jurídico, económico, social y ambiental del universo predial, con captura primaria, validación, integración multifuente y consolidación de la base catastral conforme a LADM-COL); y post-operativa (socialización de resultados, transferencia de conocimiento, gestión de oposiciones y cierre integral). Las tres fases articulan el producto con el horizonte de once meses de ejecución y con los siete hitos contractuales del proyecto.

El producto se enmarca en tres dominios de desempeño del PMBOK octava edición (PMI, 2025):

- Entregables: los componentes constituyen los entregables sustantivos del proyecto, cuya aceptación se condiciona al cumplimiento verificable de los estándares de calidad.
- Alcance: el producto define la frontera del proyecto y distingue lo incluido de lo excluido; la cobertura universal del universo predial implica que ningún componente puede omitirse sin justificación técnica documentada.
- Calidad: la conexión con los cinco estándares establece el marco metodológico de verificación y validación a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

En síntesis, el producto se define como un sistema de información territorial integral sobre los 5.135 predios del municipio, estructurado conforme al modelo LADM-COL, organizado en seis componentes, regido por cinco estándares de calidad y articulado en tres fases secuenciales. Esta definición constituye el referente fundacional sobre el cual se desarrollan los subacápites siguientes.

2.2.2. Ingeniería del Proyecto - Procesos Productivos

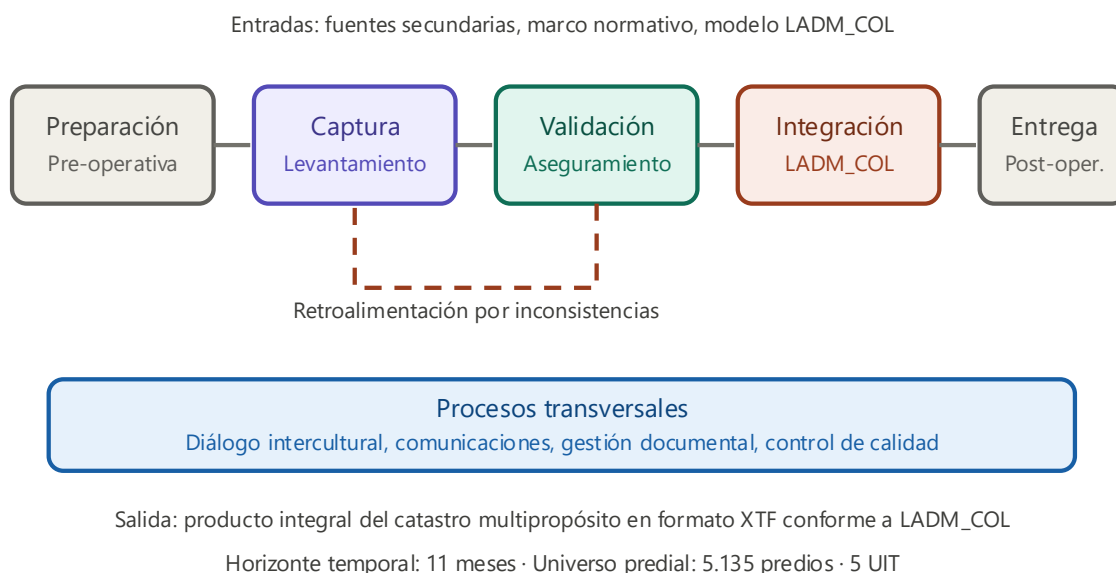
La ingeniería del proyecto en estudios técnicos de inversión describe el conjunto articulado de operaciones, procedimientos, tecnologías y transformaciones mediante los cuales se materializa el producto definido en el subacápite previo (Baca Urbina, 2013; Miranda Miranda, 2017; Sapag Chain et al., 2014). En el caso del proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito para el municipio de Buenavista, el proceso productivo consiste en la generación del dato catastral multipropósito sobre el universo predial municipal, conforme al régimen técnico establecido por la Resolución 1040 de 2023 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi

(IGAC, 2023a) y al modelo de datos LADM-COL adoptado por la Resolución 746 de 2024 (IGAC, 2024).

El proceso productivo se estructura como una cadena de cinco macroactividades secuenciales que transforman progresivamente las fuentes de información territoriales en el producto del proyecto: preparación, captura, validación, integración y entrega. Cada fase se compone de subprocesos con entradas, transformaciones y salidas definidas, donde la salida de una fase constituye la entrada de la subsiguiente. Cuatro procesos transversales (diálogo intercultural, comunicaciones, gestión documental y control de calidad) atraviesan todas las fases sin interrupción. La estructura conceptual del macroproceso se presenta en la Ilustración 4.

Ilustración 4.

Estructura conceptual del macroproceso productivo del proyecto



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

Fase 1 - Preparación (pre-operativa). Su propósito es construir las condiciones técnicas, institucionales y operativas que habilitan la intervención sobre el territorio. Comprende:

- Diagnóstico inicial del estado catastral mediante inventario sistemático de fuentes secundarias (cartografía base oficial, ortofotomosaicos preexistentes, bases prediales del IGAC, folios de matrícula inmobiliaria, instrumentos de ordenamiento territorial).
- Configuración técnica del modelo LADM-COL conforme a la Resolución 746 de 2024 (IGAC, 2024).
- Diagnóstico territorial integral con caracterización física, jurídica, económica, social y ambiental.
- Planificación operativa con asignación de recursos y secuenciación por unidades de intervención territorial.
- Articulación institucional inicial con la administración municipal, autoridades étnicas reconocidas y entidades sectoriales concurrentes.
- Construcción del mapa de actores y del plan de relacionamiento.

Para Buenavista, la fase incorpora la coordinación con la asociación AFROSDEBUENAVISTA reconocida por la Resolución 265 de 2022 del Ministerio del Interior, la articulación con CARSUCRE para la incorporación del POMCA del río Bajo San Jorge y el diagnóstico del rezago acumulado desde la última actualización catastral de 2008. Se asocia al hito pre-operativo, con plazo máximo de dos meses calendario.

Fase 2 - Captura (operativa, núcleo sustantivo). Su propósito es generar la información primaria sobre el universo predial. Comprende:

- Reconocimiento físico para identificación, delimitación y caracterización geométrica de cada predio.
- Levantamiento jurídico sobre titulares, poseedores, ocupantes y tenedores, derechos alegados, soportes documentales y relaciones jurídicas asociadas.

- Investigación económica de mercado sobre ofertas, transacciones y valores de referencia que alimenta la zonificación homogénea posterior.
- Captura social con registro de procesos de interlocución comunitaria, soportes de aceptación y observaciones del relacionamiento territorial.

La decisión sobre el método de captura aplicable a cada predio se toma dentro de esta fase, conforme a las cuatro modalidades reconocidas por la Resolución 1040 de 2023 del IGAC (IGAC, 2023a):

- Método directo: visita física al predio con captura geométrica y alfanumérica in situ mediante dispositivos móviles con QField. Modalidad principal en predios accesibles con cooperación del titular.
- Método indirecto: análisis de fuentes secundarias y sensores remotos para predios cuyo acceso físico no es viable.
- Método declarativo: declaración del titular o poseedor cuando el acceso es factible pero la captura física directa no se materializa.
- Método colaborativo: participación activa de la comunidad en la identificación, delimitación y verificación predial, articulado con cartografía social participativa.

Para Buenavista, la fase se ejecuta sobre el universo predial de 5.135 predios con la distribución de métodos definida en el alcance del proyecto, abarcando las cinco unidades de intervención territorial y diferenciando captura urbana y rural.

Fase 3 - Validación (operativa). Su propósito es asegurar el cumplimiento de los cinco estándares de calidad del producto: consistencia lógica, exactitud posicional, integridad temática, interoperabilidad y trazabilidad. Comprende:

- Validación topológica de la información geométrica mediante reglas espaciales que verifican ausencia de superposiciones, vacíos y errores de conectividad.
- Verificación automatizada del cumplimiento del modelo LADM-COL con plataformas especializadas como ILISuite e INTERLIS (IGAC, 2024).
- Verificación de la completitud de atributos obligatorios por clase de objeto catastral.
- Control documental con verificación de soportes y trazabilidad.
- Validación de exactitud posicional mediante puntos de control y verificación independiente.
- Consolidación del registro de inconsistencias para retroalimentación a la fase de captura.

Esta fase opera en paralelo e iterativamente con la captura, dado que las inconsistencias detectadas retornan a ella para su resolución. Esta dependencia bidireccional es la única del macroproceso y constituye el dispositivo metodológico mediante el cual la calidad se asegura a lo largo de la ejecución, no solo en la entrega final.

Fase 4 - Integración (operativa). Su propósito es consolidar la información validada en una base de datos catastral unificada conforme al modelo LADM-COL, que integre los componentes físico, jurídico, económico, social y ambiental del producto. Comprende:

- Integración multifuente de la información capturada y validada.
- Construcción del componente económico con zonificación homogénea física y geoeconómica, tablas de valores y asignación del avalúo catastral, conforme a la Resolución 620 de 2008 del IGAC (IGAC, 2008).
- Incorporación de las determinantes ambientales del POMCA y de las áreas de reserva forestal.

- Articulación catastro-registro mediante la conciliación con folios de matrícula inmobiliaria.
- Generación de productos cartográficos integrales y preparación del expediente predial digital de cada unidad predial.

La fase produce como salida la base catastral multipropósito en formato XTF, lista para los procedimientos de aceptación técnica y socialización.

Fase 5 - Entrega (post-operativa). Su propósito es socializar los resultados, gestionar las observaciones y oposiciones, transferir el conocimiento a la administración municipal y cerrar la intervención. Comprende:

- Socialización pública mediante jornadas de cuarto nivel de interlocución con actores institucionales y comunitarios.
- Atención formal a oposiciones administrativas conforme al procedimiento catastral establecido.
- Transferencia de capacidades a la administración municipal de Buenavista para habilitar la conservación catastral posterior.
- Entrega final del producto a la autoridad catastral nacional para su incorporación al Sistema Nacional de Información Catastral.
- Cierre administrativo, financiero y documental.

Se asocia al hito post-operativo, con plazo máximo acumulado de once meses calendario.

Cuatro procesos transversales operan continuamente a lo largo del ciclo de vida del proyecto, sin asociación exclusiva a una fase:

- Diálogo intercultural y participación social: articula el relacionamiento con los actores del territorio en los cuatro niveles de interlocución desarrollados en el Estudio de Mercado.
- Gestión de comunicaciones: asegura el flujo de información hacia los interesados internos y externos durante toda la ejecución.
- Gestión documental: organiza, custodia, versiona y respalda la información del proyecto, asegurando trazabilidad y auditabilidad.
- Control de calidad integral: opera distribuido mediante puntos de verificación, indicadores de seguimiento y auditorías internas, articulando la calidad como atributo sistémico del proceso.

La organización operativa se materializa por las cinco unidades de intervención territorial del municipio. Las cuatro UIT rurales (14.701,84 hectáreas y 1.215 predios) se ejecutan con dimensionamiento proporcional a su extensión y número de predios. La UIT urbana (106,77 hectáreas y 3.920 predios) concentra el mayor número de unidades prediales en la cabecera y configura un dimensionamiento intensivo orientado al método directo. Esta estructura habilita la planificación detallada de la asignación de recursos humanos, tecnológicos y logísticos conforme a las particularidades de cada UIT.

El proceso productivo se enmarca en cinco dominios de desempeño del PMBOK octava edición (PMI, 2025):

- Alcance: el macroproceso define las actividades sustantivas que materializan la cobertura del universo predial completo.
- Entregables: cada fase produce salidas verificables vinculadas a los componentes del producto, configurando la trazabilidad entre proceso y producto.

- Calidad: los procesos transversales de control y la fase de validación articulan el aseguramiento del producto con técnicas de calidad incorporada y mejora continua.
- Cronograma: el macroproceso se articula con la estructura de hitos del proyecto y con el horizonte temporal de once meses.
- Recursos: la articulación con las cinco UIT distribuye los recursos humanos, tecnológicos y logísticos conforme a las particularidades de cada unidad.

En síntesis, la ingeniería del proyecto se estructura como un macroproceso de cinco fases secuenciales (preparación, captura, validación, integración y entrega), sustentado por cuatro procesos transversales y articulado con los cinco dominios PMBOK de Alcance, Entregables, Calidad, Cronograma y Recursos. La fase de captura incorpora cuatro métodos de levantamiento predial conforme a la Resolución IGAC 1040 de 2023. El proceso se distribuye territorialmente sobre las cinco unidades de intervención territorial y temporalmente sobre el horizonte de once meses de ejecución del proyecto.

2.2.3. Tamaño del Proyecto

El tamaño del proyecto en estudios técnicos de inversión analiza la capacidad de producción dimensionada para satisfacer la demanda identificada en el estudio de mercado, considerando tres dimensiones articuladas: capacidad instalada (capacidad máxima teórica en condiciones óptimas), capacidad proyectada (capacidad efectiva esperada considerando restricciones operativas, técnicas y territoriales reales) y volumen de producción (resultado efectivamente producido durante el horizonte de ejecución) (Baca Urbina, 2013; Miranda Miranda, 2017; Sapag Chain et al., 2014). En proyectos de servicio público, el tamaño no se determina por análisis de rentabilidad ni por equilibrio con la demanda de mercado, sino por la

obligación legal de cobertura universal y por las condiciones técnicas, temporales e institucionales que enmarcan la ejecución. Para el proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito en el municipio de Buenavista, estas tres dimensiones se reformulan como capacidad técnica máxima del despliegue institucional, capacidad operativa esperada y universo predial efectivamente intervenido a lo largo del horizonte de ejecución.

El volumen de producción, dimensión principal del tamaño en el contexto del servicio público catastral, corresponde al universo predial proyectado del municipio: 5.135 predios distribuidos en 3.920 urbanos y 1.215 rurales sobre una superficie municipal de 124 km². Esta cifra refleja un crecimiento proyectado del 30 % sobre los 3.949 predios de la base catastral preexistente, ajuste que incorpora la dinámica predial no capturada durante el rezago acumulado desde la última actualización del año 2008. Las cifras pueden presentar variaciones durante la ejecución, dado que el dato preciso solo se consolida con el avance del levantamiento territorial y la identificación progresiva de predios omitidos, comisiones registrales y desactualizaciones del registro histórico. Esta variabilidad es característica estructural de proyectos en municipios con rezago prolongado y se gestiona conforme al dominio de Incertidumbre del PMBOK octava edición (PMI, 2025).

El volumen de producción se estructura territorialmente en cinco unidades de intervención territorial:

- UIT-01 (rural): 4.730,69 hectáreas y 485 predios.
- UIT-02 (rural): 3.486,88 hectáreas y 338 predios.
- UIT-03 (rural): 3.919,50 hectáreas y 211 predios.
- UIT-04 (rural): 2.564,77 hectáreas y 181 predios.

- UIT-05 (urbana): 106,77 hectáreas y 3.920 predios, concentrando la totalidad del universo predial urbano en la cabecera y articulando los barrios Belén, Coyongo, El Viajano, Las Marías, Mejor Esquina, Nueva Estación, Puerto Córdoba, Santa Clara, Santa Fe de Arcil 1 y 2, Tierra Santa y Veracruz.

La distribución territorial muestra una asimetría estructural característica del municipio: el 76,3 % del universo predial se concentra en menos del 1 % de la superficie municipal (zona urbana), mientras que el 23,7 % restante se distribuye sobre el 99 % del territorio (zonas rurales). La Ilustración 5 sintetiza el dimensionamiento del tamaño del proyecto por UIT.

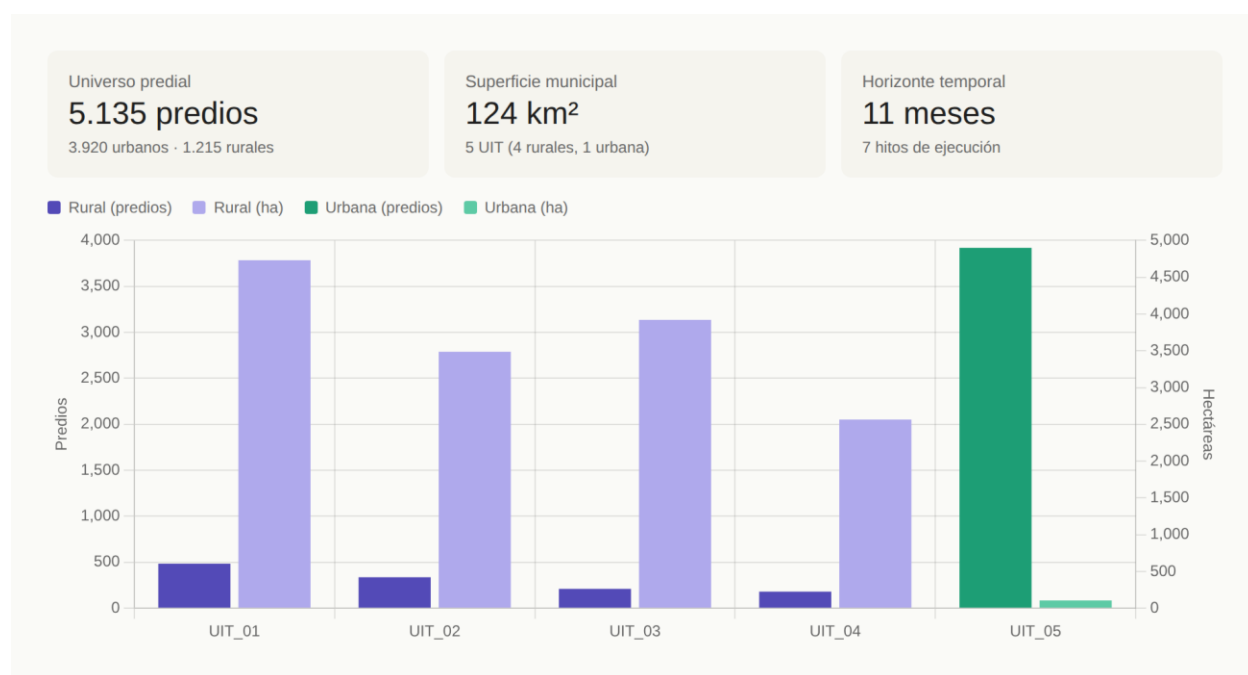


Ilustración 5. Dimensionamiento del tamaño del proyecto por unidad de intervención territorial

Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

La capacidad proyectada se determina por la distribución del universo predial según el método de intervención previsto: método directo a 4.393 predios (85,5 %), colaborativo a 491 (9,6 %) e indirecto a 251 (4,9 %), conforme a los estándares de calidad de la Resolución 1040 de 2023 del IGAC (IGAC, 2023). La priorización del método directo como modalidad principal

refleja el cumplimiento de los estándares de calidad, y los métodos colaborativo e indirecto se reservan para zonas con alta cohesión comunitaria, deficiencias en la cartografía base o predios cuyo acceso físico no es viable.

La capacidad instalada corresponde a la capacidad técnica máxima del despliegue institucional necesaria para procesar el universo predial completo dentro del horizonte temporal de once meses calendario, articulando los recursos humanos, tecnológicos y logísticos con la productividad operativa esperada por unidad de tiempo. Se planifica para garantizar la cobertura sin posibilidad de subdimensionamiento por exclusión territorial, conforme al principio de cobertura universal del servicio público catastral. El dimensionamiento específico de los recursos por componente del catastro multipropósito se desarrolla en el subacápite 2.2.6.

El tamaño efectivo del proyecto resulta de cinco factores condicionantes:

- Normativo: la obligación legal de cobertura universal del servicio público catastral, conforme al artículo 79 de la Ley 1955 de 2019 y al régimen de gestión catastral multipropósito (Congreso de la República de Colombia, 2019; IGAC, 2023), impone un límite inferior absoluto al tamaño.
- Territorial: la accesibilidad diferencial entre área urbana y rural, el régimen climático monomodal de las Sabanas de Sucre con temporada de lluvias entre mayo y noviembre, la cobertura del POMCA del río Bajo San Jorge sobre el 71,57 % del territorio y la reserva forestal en las veredas Santa Inés y Costa Rica condicionan la capacidad operativa real.
- Institucional: la articulación con la administración municipal (Plan de Desarrollo "El Progreso lo Construimos Todos"), con la asociación AFROSDEBUENAVISTA reconocida por la Resolución 265 de 2022 del Ministerio del Interior, con la población

indígena fuera de resguardo y con CARSUCRE como autoridad ambiental impacta la productividad operativa.

- Temporal: el horizonte de once meses distribuido en siete hitos secuenciales constituye una restricción estricta que impone un límite superior al tamaño operativo.
- Demográfico y socioeconómico: 11.361 habitantes con distribución 78,2 % urbana y 21,8 % rural, alfabetismo del 86,8 %, acceso a internet del 3,1 % (352 personas) y estructura económica basada en la ganadería bovina extensiva de doble propósito (DANE, 2024) orientan las estrategias de comunicación, relacionamiento y operación territorial.

La capacidad de proceso se materializa en la productividad esperada de las actividades de captura, validación e integración. La planificación operativa presenta una relación de productividad esperada de aproximadamente 12,84 predios por reconocedor por día hábil, cifra obtenida al distribuir el universo predial entre el equipo de reconocedores y los días hábiles efectivos asignados a la captura. Esta productividad nominal se analiza críticamente considerando que la accesibilidad territorial, los tiempos de desplazamiento entre predios (particularmente en las UIT rurales con superficies de entre 2.564 y 4.730 hectáreas), las condiciones de relacionamiento con los titulares y la complejidad jurídica diferencial urbano-rural impactan directamente la productividad real alcanzable. La aplicación de técnicas PMI de estimación rigurosa (analogías con proyectos similares, juicio experto y estimación de tres puntos) permite contrastar productividad nominal y efectiva, conforme al dominio de Cronograma del PMBOK octava edición (PMI, 2025).

La estructura territorial configura un dimensionamiento operativo diferenciado: la UIT-05 urbana, con 36,7 predios/ha, configura el dimensionamiento más intensivo y se orienta predominantemente al método directo; las cuatro UIT rurales, con densidad promedio de 0,08

predios/ha sobre 14.701,84 hectáreas, configuran dimensionamientos extensivos diferenciados que combinan los métodos directo, colaborativo e indirecto. Esta asimetría exige estrategias operativas diferenciadas a lo largo de la ejecución.

El tamaño del proyecto se enmarca en tres dominios de desempeño del PMBOK octava edición (PMI, 2025):

- Alcance: el universo predial completo constituye la frontera del proyecto y define el volumen de producción mínimo y máximo simultáneamente, dado el carácter universal de la cobertura del servicio público catastral.
- Recursos: la capacidad instalada se materializa en el dimensionamiento de los recursos humanos, tecnológicos, logísticos y de información, con holgura operativa que absorbe la variabilidad esperada del entorno.
- Cronograma: la articulación del volumen de producción con el horizonte temporal de once meses y la estructura de siete hitos configura la programación operativa.

La articulación con el principio PMI de incorporar la calidad en los procesos y entregables se materializa en que el dimensionamiento contempla no solo la capacidad nominal de captura sino la capacidad efectiva de validación y aseguramiento de la calidad.

En síntesis, el tamaño del proyecto se dimensiona sobre el universo predial de 5.135 predios distribuidos en cinco UIT sobre 124 km², con tres métodos de captura (directo 85,5 %, colaborativo 9,6 %, indirecto 4,9 %) y una capacidad instalada articulada con el horizonte de once meses y siete hitos. Cinco factores condicionantes (normativo, territorial, institucional, temporal y demográfico) determinan el tamaño efectivo, articulado con los dominios PMBOK de Alcance, Recursos y Cronograma.

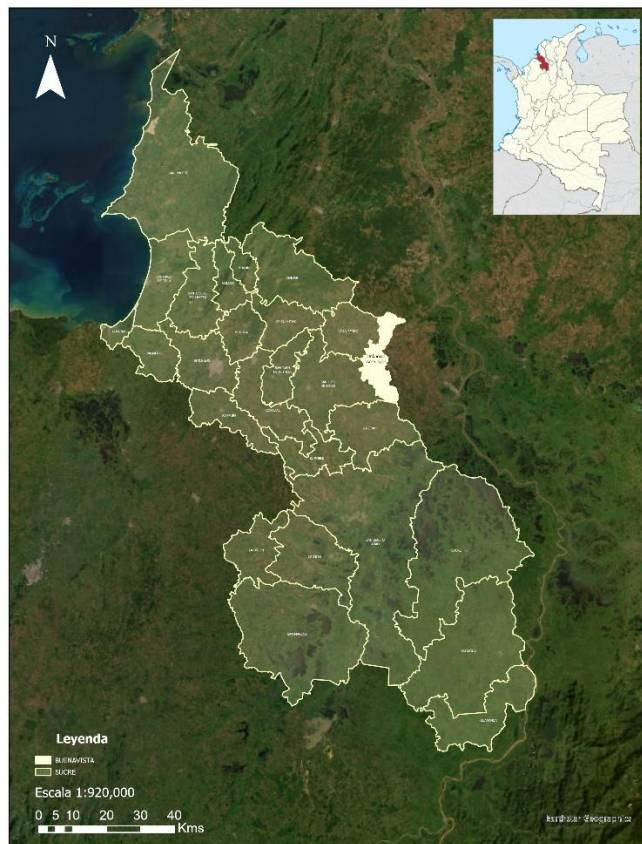
2.2.4. Localización del Proyecto

La localización del proyecto en estudios técnicos de inversión analiza la ubicación geográfica sobre la cual se materializa la ejecución (Baca Urbina, 2013; Miranda Miranda, 2017; Sapag Chain et al., 2014). En proyectos de servicio público catastral no es una variable optimizable, dado que el territorio está predeterminado por la jurisdicción municipal sobre la cual recae la obligación legal; la caracterización territorial, sin embargo, sigue siendo metodológicamente fundamental porque las condiciones físicas, demográficas, étnicas, económicas, institucionales y ambientales configuran el marco operativo del proyecto y se articulan con los dominios PMBOK octava edición de Alcance, Recursos, Interesados e Incertidumbre (PMI, 2025).

A nivel de macrolocalización, el proyecto se inscribe en el municipio de Buenavista, departamento de Sucre, región Caribe colombiana. El departamento se organiza en cinco subregiones (Sabanas, Mojana, Montes de María, Morrosquillo y San Jorge), y Buenavista pertenece a la subregión Sabanas, caracterizada por topografía predominantemente plana, paisajes de sabana tropical seca, suelos con vocación agropecuaria y régimen climático monomodal con temporada de lluvias entre mayo y noviembre. Las dinámicas territoriales de la subregión se asocian a la ganadería bovina extensiva, la concentración histórica de la tenencia y procesos de transformación rural. La Ilustración 6 presenta la macrolocalización del proyecto.

Ilustración 6.

Localización del proyecto.



Fuente: Construcción del autor.

A nivel de microlocalización, Buenavista cuenta con código DIVIPOLA 70110 y se clasifica como municipio de categoría 6 conforme a la Ley 617 de 2000 (Congreso de la República de Colombia, 2000). El municipio tiene una superficie de 124 km² y una población proyectada de 11.361 habitantes con distribución de 78,2 % urbana y 21,8 % rural, con densidad poblacional de 91,62 hab/km² (DANE, 2024). El patrón demográfico predominantemente urbano sobre una base territorial mayoritariamente rural explica la asimetría predial documentada en el subacápite previo. La tasa de alfabetismo se estima en 86,8 % y el acceso a internet en 3,1 % de

la población (352 personas), condición que constituye una restricción operativa para las estrategias de comunicación digital y orienta la planificación hacia canales presenciales y comunitarios (DANE, 2024).

La composición étnica presenta una divergencia entre fuentes institucionales que constituye un hallazgo metodológico del proyecto: el DANE estima 4,15 % de población étnica con base en el Censo Nacional de Población y Vivienda de 2018 (DANE, 2018), mientras que el diagnóstico institucional del IGAC estima 10,4 % (7,3 % afrodescendiente y 3,1 % indígena fuera de resguardo). La disparidad se explica por diferencias temporales y metodológicas entre fuentes, el subreporte censal sistemático de la pertenencia étnica documentado en la literatura especializada (Bonilla et al., 2021), y el reconocimiento formal posterior al censo de la asociación AFROSDEBUENAVISTA mediante la Resolución 265 del 12 de septiembre de 2022 del Ministerio del Interior (Ministerio del Interior, 2022). Independientemente de la magnitud exacta, ambas fuentes confirman presencia étnica significativa, condición que activa los mecanismos diferenciales de relacionamiento conforme a los artículos 45 y 46 de la Ley 2294 de 2023 y a la Resolución transitoria 338 de 2023 del IGAC (Congreso de la República de Colombia, 2023; IGAC, 2023b). El municipio no cuenta con territorios colectivos ni resguardos legalmente constituidos.

En términos económicos e institucionales, la base productiva se centra en la ganadería bovina extensiva de doble propósito (carne y leche), patrón que define el uso del suelo rural y configura predios rurales de extensiones amplias, baja densidad de mejoras constructivas y dinámicas específicas de tenencia con implicaciones para los componentes físico-jurídico y económico del catastro. La administración municipal vigente para el periodo 2024-2027 cuenta con Plan de Desarrollo Municipal aprobado, referente de articulación interinstitucional en tanto

el catastro multipropósito es insumo estratégico para el ordenamiento territorial, la fiscalidad local, la formalización de la propiedad y la gestión del suelo.

En términos ambientales, el municipio se inscribe en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Sucre (CARSUCRE) y se articula con el POMCA del río Bajo San Jorge, que cubre el 71,57 % de la superficie territorial (CARSUCRE & CSB, 2017). El POMCA es determinante ambiental de superior jerarquía conforme a la Ley 388 de 1997 y al Decreto 1640 de 2012 (Congreso de la República de Colombia, 1997; Presidencia de la República de Colombia, 2012). El municipio cuenta adicionalmente con una reserva forestal de 50 hectáreas en las veredas Santa Inés y Costa Rica, área de manejo especial que requiere tratamiento diferenciado en el componente físico.

El Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) fue adoptado mediante la Resolución 188 del 28 de abril de 2000 y su vigencia de largo plazo ha vencido conforme a la Ley 388 de 1997. Esta condición refuerza la pertinencia del producto del proyecto como insumo para la futura revisión del EOT y para la articulación entre la información catastral actualizada y los instrumentos de planificación territorial (DNP, 2019).

La estructura territorial del municipio presenta una particularidad metodológica relevante: la coexistencia de cuatro nomenclaturas territoriales paralelas sin correspondencia biunívoca entre sí. El Sistema A corresponde al EOT 2000 (cabecera y seis veredas rurales); el Sistema B, a las juntas de acción comunal rurales identificadas durante el levantamiento social; el Sistema C, a las cinco unidades de intervención territorial del proyecto (cuatro rurales y una urbana); y el Sistema D, a la organización barrial urbana del Plan de Comunicaciones. Ninguna vereda del EOT 2000 coincide directamente con las UIT, y los sistemas comunitarios presentan diferencias adicionales con los institucionales. Esta multiplicidad refleja procesos territoriales

reales (transformación demográfica, consolidación organizativa comunitaria, decisiones metodológicas del despliegue y crecimiento de la cabecera), y su gestión mediante tablas de equivalencia y armonización progresiva constituye un insumo relevante para la futura revisión del EOT.

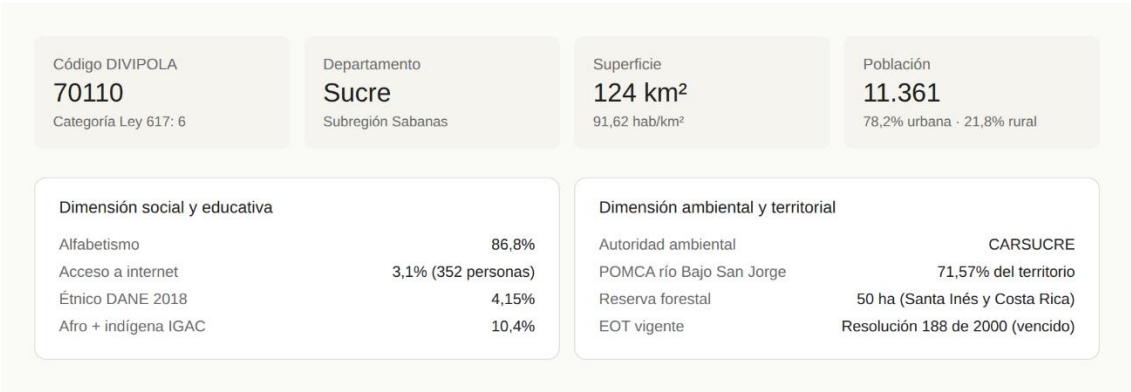
Los factores de localización relevantes para el proyecto se sintetizan en cinco categorías:

- Accesibilidad territorial: conectividad vial a través de la red secundaria del departamento de Sucre, con condiciones diferenciales entre cabecera urbana y áreas rurales.
- Infraestructura: cabecera con servicios públicos básicos (sede administrativa, conectividad, espacios para jornadas comunitarias); área rural con condiciones diferenciadas.
- Presencia institucional: articulación con administración municipal, CARSUCRE como autoridad ambiental, organizaciones comunitarias y étnicas, y entidades sectoriales concurrentes.
- Capacidad local: alfabetismo del 86,8 %, acceso a internet del 3,1 %, juntas de acción comunal y AFROSDEBUENAVISTA configuran las capacidades del territorio para participar en el proyecto.
- Condición ambiental: cobertura del POMCA sobre el 71,57 %, reserva forestal de Santa Inés y Costa Rica, y régimen climático monomodal con temporada de lluvias que afecta la operación de campo.

Las Ilustraciones 7 y 8 presentan la caracterización territorial integral del municipio y la microlocalización por unidades de intervención territorial.

Ilustración 7.

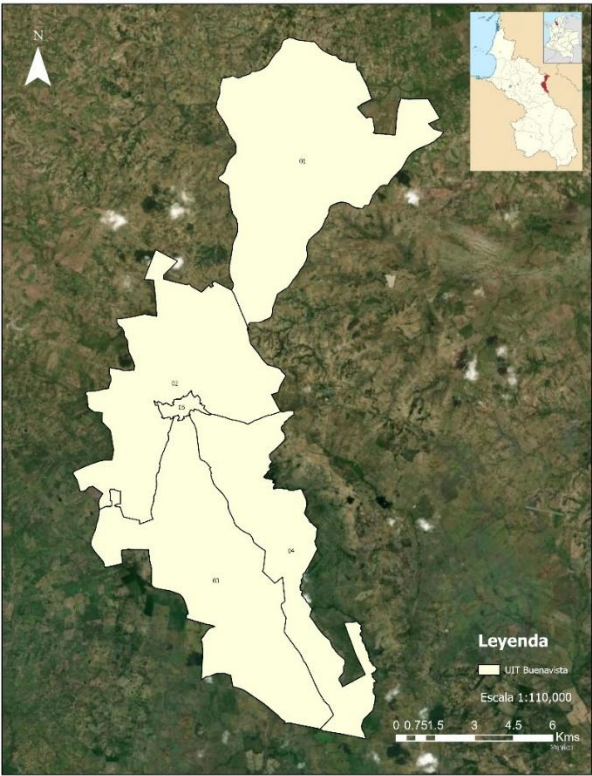
Caracterización territorial integral del municipio como contexto del proyecto



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

Ilustración 8.

Unidades de intervención territorial.



Fuente: Tomado y modificado de Colombia en mapas.

La localización del proyecto se articula con cuatro dominios de desempeño del PMBOK octava edición (PMI, 2025):

- Alcance: la jurisdicción del municipio define la frontera territorial absoluta del proyecto y excluye decisiones de localización alternativa.
- Recursos: la caracterización territorial dimensiona los recursos requeridos (accesibilidad → logísticos; dispersión demográfica → humanos por UIT; condiciones ambientales → técnicos especializados).
- Interesados: identifica los actores institucionales (administración municipal, autoridad ambiental, entidades sectoriales), comunitarios (juntas de acción comunal) y étnicos (AFROSDEBUENAVISTA, población indígena no formalizada) que median la ejecución.
- Incertidumbre: las condiciones territoriales específicas (régimen climático monomodal, complejidad nomenclatural, rezago del EOT, divergencia en cifras étnicas, áreas ambientales especiales) se incorporan al registro de riesgos con análisis cuantitativo y estrategias de respuesta.

Esta arquitectura materializa los principios PMI de visión holística y sostenibilidad integrada, mediante la integración de las dimensiones físicas, demográficas, étnicas, económicas, institucionales y ambientales y la incorporación explícita de determinantes ambientales y áreas de manejo especial al marco operativo.

En síntesis, la localización corresponde al municipio de Buenavista (subregión Sabanas, departamento de Sucre, región Caribe), DIVIPOLA 70110 y categoría 6 de la Ley 617 de 2000, con 124 km² y 11.361 habitantes. Las particularidades territoriales relevantes incluyen la divergencia étnica entre fuentes (4,15 % DANE vs 10,4 % diagnóstico institucional), la

coexistencia de cuatro nomenclaturas territoriales paralelas (Sistemas A, B, C y D), el rezago del EOT vigente desde 2000 y la cobertura del POMCA sobre el 71,57 % del territorio. La articulación con los dominios PMBOK de Alcance, Recursos, Interesados e Incertidumbre integra la localización con la planificación general del proyecto.

2.2.5. Organización del Proyecto (Legal, Estructura Organizacional, Personal)

La organización del proyecto en estudios técnicos de inversión analiza tres dimensiones articuladas: la dimensión legal (marco jurídico y obligaciones normativas), la dimensión estructural (organización del recurso humano, roles, relaciones jerárquicas y funcionales) y la dimensión de personal (perfiles profesionales, competencias técnicas y dimensionamiento) (Baca Urbina, 2013; Miranda Miranda, 2017; Sapag Chain et al., 2014). En el marco metodológico del Project Management Institute, articulan con los dominios de Equipo (principal), Gobernanza y Recursos del PMBOK octava edición (PMI, 2025). En proyectos de servicio público catastral, la organización se inscribe en un arreglo institucional regulado por la normativa nacional, con roles funcionales definidos por la regulación del servicio y relaciones de gobernanza que articulan la autoridad catastral nacional, los gestores catastrales habilitados, los operadores catastrales contratados y las entidades concurrentes del territorio.

La dimensión legal del proyecto se inscribe en el marco normativo del servicio público de gestión catastral en Colombia: Ley 1955 de 2019 (artículo 79: naturaleza de servicio público y arreglo institucional), Ley 2294 de 2023 (artículos 45 a 50: actualización del marco del catastro multipropósito), Decreto 148 de 2020 (reglamentación de los artículos 79 a 82 de la Ley 1955), Decreto 1983 de 2019 (régimen de gestores catastrales) y Resolución 1040 de 2023 del Instituto

Geográfico Agustín Codazzi, que establece el régimen de gestión catastral con enfoque multipropósito, las condiciones de habilitación de gestores y las especificaciones técnicas de la base de datos (Congreso de la República de Colombia, 2019, 2023; Presidencia de la República de Colombia, 2019, 2020; IGAC, 2023).

El arreglo institucional del servicio se conforma por tres actores principales:

- Autoridad catastral nacional: el IGAC, en su condición de máxima autoridad catastral con funciones de regulación, vigilancia técnica y prestación por excepción del servicio.
- Gestores catastrales: entidades públicas habilitadas por el IGAC o catastros descentralizados que asumen la gestión catastral en territorios determinados.
- Operadores catastrales: personas jurídicas contratadas por los gestores para desarrollar las labores operativas de formación, actualización y conservación catastral.

El proyecto se articula adicionalmente con el marco normativo concurrente del catastro multipropósito en territorios étnicos (Decreto 0462 de 2025 sobre territorios indígenas y Decreto 1139 de 2025 sobre territorios colectivos afrodescendientes) y con la Resolución transitoria 338 de 2023 del IGAC sobre salvaguardas étnicas, aplicables al caso del municipio de Buenavista (IGAC, 2023b; Presidencia de la República de Colombia, 2025a, 2025b).

El marco normativo laboral y de protección social aplicable se estructura en tres ejes regulatorios:

- Seguridad social de contratistas: Decreto 1273 de 2018, que regula las condiciones bajo las cuales los contratistas independientes cotizan al sistema de seguridad social integral en salud, pensión y riesgos laborales (Presidencia de la República de Colombia, 2018).
- Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST): Decreto 1072 de 2015 y Resolución 0312 de 2019 sobre estándares mínimos (Presidencia de la República de

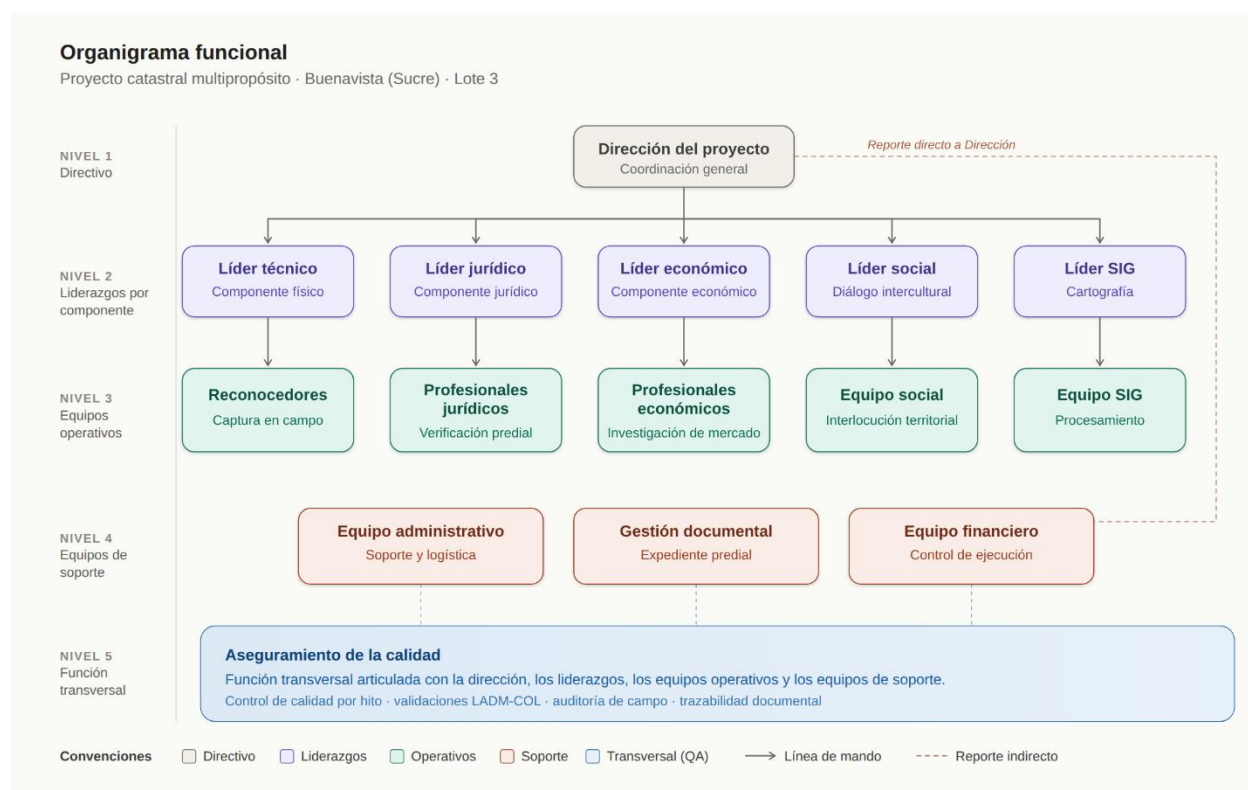
Colombia, 2015; Ministerio del Trabajo, 2019). Particularmente relevante en proyectos catastrales por la exposición de las actividades de campo a riesgos físicos, biomecánicos y psicosociales.

- Protección de datos personales: Ley 1581 de 2012 y Decreto 1377 de 2013 (Congreso de la República de Colombia, 2012; Presidencia de la República de Colombia, 2013), de aplicación obligatoria en tanto la captura, procesamiento y custodia de información predial implica tratamiento masivo de datos personales de los titulares de derechos.

La estructura organizacional se configura por cinco niveles funcionales articulados con los componentes del producto integral y las fases del macroproceso productivo. El siguiente esquema (Ilustración 9) presenta el organigrama funcional del proyecto.

Ilustración 9.

Organigrama funcional del proyecto.



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

Nivel 1 - Directivo. La dirección del proyecto asume la responsabilidad integral sobre planificación, ejecución, monitoreo y cierre, la representación frente a los actores institucionales del arreglo del servicio público catastral, la articulación de los liderazgos por componente y la rendición de cuentas técnica, jurídica, económica, administrativa y financiera.

Nivel 2 - Liderazgos por componente del catastro multipropósito. Cinco roles especializados articulados con los componentes del producto integral (subacápite 2.2.1):

- Líder técnico-físico: cartografía catastral, levantamiento geométrico y articulación con los estándares de exactitud posicional.
- Líder jurídico: captura jurídica, articulación catastro-registro y verificación documental.
- Líder económico: zonificación homogénea, avalúo catastral y articulación con el componente económico.
- Líder social: diálogo intercultural, relacionamiento territorial y articulación con actores comunitarios e institucionales.
- Líder SIG: procesamiento geoespacial, integración multifuente y articulación con el modelo LADM-COL.

Cada liderazgo articula su componente con la fase del macroproceso productivo donde su intervención es sustantiva.

Nivel 3 - Operativo. Equipos especializados por componente:

- Reconocedores prediales: captura física y geométrica en campo mediante dispositivos móviles con QField.
- Profesionales jurídicos: verificación predial y captura jurídica.

- Profesionales económicos: investigación de mercado y construcción de la zonificación homogénea.
- Equipo social: interlocución territorial e implementación del plan de diálogo intercultural.
- Equipo SIG: procesamiento geoespacial, validaciones topológicas y consolidación del producto cartográfico.

El dimensionamiento del recurso humano operativo se planifica en función del universo predial de 5.135 predios, las cinco UIT, la productividad esperada por componente y el horizonte de once meses. La planificación contempla aproximadamente 25 reconocedores prediales asignados a la fase de captura sobre la base de 16 días hábiles efectivos, lo que arroja una productividad nominal de 12,84 predios por reconocedor por día hábil, parámetro analizado críticamente en el subacápite 2.2.3 conforme al dominio de Cronograma del PMBOK octava edición (PMI, 2025).

Nivel 4 - Soporte. Equipos que sustentan transversalmente la operación:

- Equipo administrativo: logística, desplazamientos, alistamiento operativo y soporte general a actividades de campo y gabinete.
- Equipo de gestión documental: organización, custodia, versionado y trazabilidad del expediente predial digital y de la información del proyecto, en cumplimiento de la Ley 1581 de 2012.
- Equipo financiero: control de la ejecución presupuestal, gestión de pagos a contratistas, cumplimiento de obligaciones laborales y de protección social, y rendición de cuentas financieras.

Nivel 5 - Aseguramiento de la calidad. Función transversal articulada con todos los niveles, conforme al plan de calidad del proyecto y a los cinco estándares del producto integral

(consistencia lógica, exactitud posicional, integridad temática, interoperabilidad y trazabilidad).

Opera distribuida a lo largo del macroproceso productivo (subacápite 2.2.1).

La dimensión de personal se configura por los perfiles profesionales requeridos para cada rol funcional, conforme a las competencias técnicas establecidas por el régimen de gestión catastral multipropósito (IGAC, 2023). Los liderazgos por componente requieren título universitario en disciplinas afines:

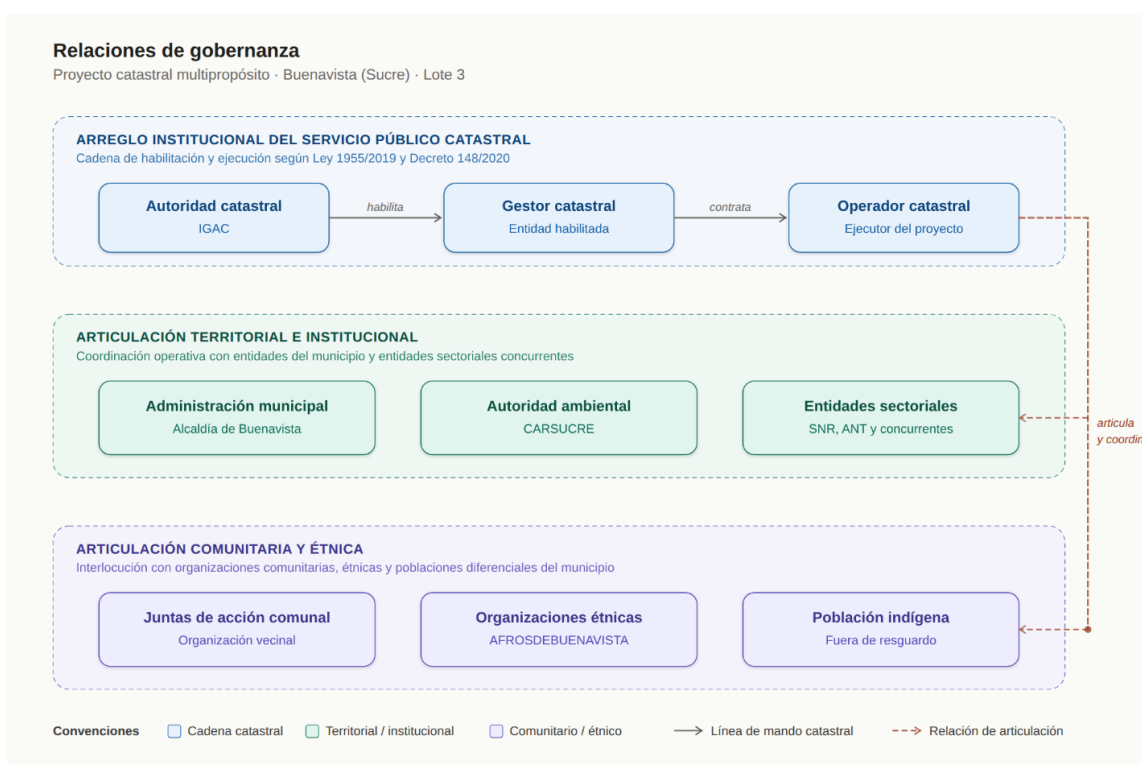
- Físico-técnico y SIG: ingeniería catastral, ingeniería topográfica o geográfica.
- Jurídico: abogacía con especialización en derecho de tierras, registral o administrativo.
- Económico: economía, administración financiera, valuación o ingeniería con especialización afín.
- Social: trabajo social, antropología, sociología o disciplinas afines.

Los liderazgos requieren adicionalmente experiencia acreditada en proyectos catastrales multipropósito y formación complementaria en gestión de proyectos, preferiblemente con certificación PMI. Los equipos operativos requieren competencias en captura de información catastral, manejo de plataformas tecnológicas (QField, QGIS, validación LADM-COL e INTERLIS) y experiencia en operación territorial. Los perfiles del componente social, dada la presencia étnica organizada del municipio (AFROSDEBUENAVISTA y población indígena fuera de resguardo), requieren formación complementaria en diálogo intercultural, salvaguardas étnicas y participación social (IGAC, 2023b; Presidencia de la República de Colombia, 2025a, 2025b). La disponibilidad limitada de profesionales con experiencia catastral en la subregión Sabanas de Sucre puede exigir estrategias de captación desde otras subregiones del Caribe o desde el ámbito nacional.

Las relaciones de gobernanza del proyecto articulan los actores del arreglo institucional del servicio público catastral, las entidades del territorio y las organizaciones comunitarias y étnicas con interés en el proyecto. La Ilustración 10 presenta estas relaciones

Ilustración 10.

Relaciones de gobernanza del proyecto



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

En el nivel del arreglo institucional del servicio público catastral, las relaciones articulan tres actores con responsabilidades diferenciadas:

- IGAC (autoridad catastral nacional): regulación técnica, vigilancia de calidad, aprobación de productos y administración del Sistema Nacional de Información Catastral, conforme al artículo 79 de la Ley 1955 de 2019 y a la Resolución 1040 de 2023 del IGAC.
- Gestor catastral: responsable de la gestión catastral en el territorio del municipio y contratante directo del operador.

- Operador catastral: desarrolla las labores operativas bajo las especificaciones técnicas y normativas establecidas por la autoridad catastral.

Estas relaciones se estructuran por instrumentos formales de contratación, planes de calidad, comités técnicos de seguimiento e informes periódicos de avance.

En el nivel de articulación territorial e institucional, el proyecto se relaciona con tres tipos de actores:

- Administración municipal de Buenavista: articula la operación con la planificación territorial vigente, facilita los sistemas de información municipales, soporta las jornadas comunitarias y constituye el actor principal para la futura conservación catastral.
- CARSUCRE (autoridad ambiental departamental): articula el proyecto con los instrumentos ambientales del territorio (POMCA del río Bajo San Jorge, reserva forestal de Santa Inés y Costa Rica) y verifica la incorporación de las determinantes ambientales en el componente ambiental del producto.
- Entidades sectoriales concurrentes: Superintendencia de Notariado y Registro (SNR) para la articulación catastro-registro y Agencia Nacional de Tierras (ANT) para la formalización rural conforme al Decreto Ley 902 de 2017 (Presidencia de la República de Colombia, 2017).

En el nivel de articulación comunitaria y étnica, el proyecto se relaciona con tres tipos de actores territoriales:

- Juntas de acción comunal: organizaciones de base territorial con presencia rural y urbana que articulan el relacionamiento con las veredas y barrios.
- Asociación AFROSDEBUENAVISTA: organización de la población afrodescendiente reconocida por la Resolución 265 de 2022 del Ministerio del Interior (Ministerio del

Interior, 2022); articula el relacionamiento intercultural conforme a la normativa de salvaguardas étnicas.

- Población indígena fuera de resguardo: población étnica no organizada institucionalmente pero presente en el territorio, con atención diferenciada conforme a los mecanismos de salvaguarda aplicables.

La organización del proyecto se enmarca en tres dominios de desempeño del PMBOK octava edición (PMI, 2025):

- Equipo (dominio principal): planificación, conformación, desarrollo y gestión del equipo. Comprende el organigrama funcional, los perfiles profesionales por componente, las relaciones jerárquicas y funcionales entre niveles, y las estrategias de gestión del recurso humano.
- Gobernanza: relaciones institucionales y de autoridad del proyecto (arreglo institucional del servicio público catastral, administración municipal, autoridad ambiental, organizaciones comunitarias y étnicas).
- Recursos: integra el recurso humano con el dimensionamiento general (subacápite 2.2.3) y con los requerimientos materiales (subacápite 2.2.6).

Esta arquitectura materializa los principios PMI de liderar con responsabilidad, construir una cultura de empoderamiento y adoptar una visión holística, mediante la concepción de la organización como un dispositivo de gobernanza ética, transparente y participativa.

En síntesis, la organización del proyecto se estructura en tres dimensiones articuladas: dimensión legal (marco del servicio público de gestión catastral y marco laboral y de protección social aplicable), dimensión estructural (cinco niveles funcionales: directivo, liderazgos por componente, operativo, soporte, aseguramiento de la calidad) y dimensión de personal (perfiles

con competencias técnicas del régimen de gestión catastral multipropósito, con exigencias diferenciales para el componente social). Las relaciones de gobernanza se organizan en tres niveles (arreglo institucional del servicio público, articulación territorial e institucional, articulación comunitaria y étnica), y la articulación con los dominios PMBOK de Equipo, Gobernanza y Recursos integra la organización con la planificación general del proyecto.

2.2.6. Requerimiento para el Desarrollo del Proyecto

Los requerimientos para el desarrollo del proyecto en estudios técnicos de inversión analizan los recursos materiales necesarios para la ejecución, organizados en tres categorías articuladas: equipos (bienes tecnológicos, instrumentos especializados y maquinaria), infraestructuras (espacios físicos y plataformas tecnológicas) e insumos (bienes consumibles, materiales y recursos de información) (Baca Urbina, 2013; Miranda Miranda, 2017; Sapag Chain et al., 2014). En el marco metodológico del Project Management Institute, articulan principalmente con el dominio de Recursos del PMBOK octava edición (planificación, adquisición, asignación, control y desmovilización de los recursos físicos) y concurrentemente con los dominios de Alcance (dimensionamiento para cobertura completa), Cronograma (disponibilidad temporal en la secuencia correcta) e Incertidumbre (contingencia material frente a riesgos identificables) (PMI, 2025). El presente subacápite dimensiona los requerimientos materiales del proyecto para el caso específico del municipio de Buenavista.

Los requerimientos de equipos tecnológicos se estructuran en cinco categorías articuladas con la cadena de generación del dato catastral desarrollada en el subacápite 2.2.2:

- Equipos geodésicos de precisión: receptores GNSS de doble frecuencia con capacidad de posicionamiento diferencial cinemático en tiempo real (RTK) o postproceso (PPK), que alcanzan precisiones centimétricas exigidas por el régimen de exactitud posicional de la Resolución 1040 de 2023 del IGAC (IGAC, 2023a). Se requieren para puntos de control geodésico, levantamiento de linderos rurales y verificación independiente de la información cartográfica.
- Vehículos aéreos no tripulados (VANT) con capacidad fotogramétrica: plataformas aéreas con sensores ópticos para captura de imagen aérea de alta resolución, procesada para ortofotomosaicos, modelos digitales de superficie y nubes de puntos densas. Especialmente relevantes para la UIT urbana (36,7 predios/ha exige detalle subdecimétrico) y zonas rurales con accesibilidad limitada. La operación está regulada por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil y exige permisos, planes de vuelo y piloto certificado.
- Dispositivos móviles de captura: tabletas ruggedizadas (estándar IP65 o superior) que ejecutan QField sincronizada con QGIS, habilitando captura geométrica con georreferenciación GNSS integrada, captura alfanumérica de atributos, registro fotográfico georreferenciado, firmas digitales de titulares y sincronización con el repositorio central.
- Estaciones de procesamiento de gabinete: computadores con capacidad para operar plataformas SIG (QGIS), validación del modelo LADM-COL (ILISuite, INTERLIS), procesamiento fotogramétrico y gestión documental.
- Servidores e infraestructura de almacenamiento: custodia centralizada de información, sincronización con dispositivos de campo, validaciones automatizadas y respaldos

periódicos. Categoría crítica para trazabilidad, auditabilidad y cumplimiento de la Ley 1581 de 2012 sobre protección de datos personales (Congreso de la República de Colombia, 2012).

El proyecto requiere adicionalmente equipos topográficos complementarios (estaciones totales y niveles) para casos con obstrucción severa de señal satelital, instrumentos accesorios (cintas métricas, distanciómetros láser, brújulas) y equipos de comunicación (radios, teléfonos satelitales para zonas con baja cobertura celular).

Los requerimientos de infraestructuras se estructuran en dos dimensiones articuladas:

- Infraestructura física: sede operativa del proyecto en el municipio (gabinete, custodia documental, procesamiento, articulación administrativa, área de servidores con controles de acceso); espacios para jornadas comunitarias y de socialización, dado que los cuatro niveles de interlocución del catastro multipropósito exigen espacios adecuados en condiciones de respeto, accesibilidad y participación efectiva conforme a la Resolución transitoria 338 de 2023 del IGAC (IGAC, 2023b); infraestructura de movilidad para desplazamientos entre la sede y las cinco UIT, considerando la operación urbana concentrada y la rural extensiva sobre 14.701,84 hectáreas; e infraestructura de gestión documental para custodia segura de soportes físicos (documentos originales, actas firmadas, registros fotográficos) con protección frente a humedad, accesos no autorizados y deterioro.
- Infraestructura tecnológica: conectividad propia del proyecto (canales dedicados, conectividad satelital, soluciones móviles de respaldo) dada la condición específica del municipio, con acceso a internet del 3,1 % de la población equivalente a 352 personas (DANE, 2024), lo que exige diseño operativo independiente de conectividad permanente.

La aplicación QField opera en modo desconectado y sincroniza cuando hay conectividad disponible, ajustándose naturalmente a esta particularidad. Los sistemas de información requieren plataformas de gestión documental con control de versiones, validación LADM-COL e INTERLIS, seguimiento de indicadores y tableros de control, y articulación con el Sistema Nacional de Información Catastral. La infraestructura de respaldo digital requiere redundancia de almacenamiento, respaldos periódicos y planes de recuperación ante desastres.

Los requerimientos de insumos se estructuran en tres categorías articuladas.

- Insumos operativos de campo: papelería técnica (formatos de reconocimiento predial, actas de socialización, listas de asistencia con consentimiento informado para tratamiento de datos personales conforme a la Ley 1581 de 2012), materiales fungibles del levantamiento (estacas, cinta de marcación, marcadores, libretas, etiquetas), elementos de identificación (chalecos institucionales, escarapelas, banderines, señalización) e insumos de transporte (combustibles, viáticos, mantenimiento vehicular).

Los elementos de protección personal (EPP) constituyen un requerimiento específico en cumplimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo establecido por el Decreto 1072 de 2015 y la Resolución 0312 de 2019 del Ministerio del Trabajo (Presidencia de la República de Colombia, 2015; Ministerio del Trabajo, 2019). Los EPP requeridos incluyen calzado de seguridad antideslizante para terrenos rurales con vegetación, fauna silvestre y barro durante temporada de lluvias; protección visual y solar para alta exposición característica de la subregión Sabanas (bloqueador solar, sombreros, mangas largas); ropa de trabajo apropiada para clima cálido tropical seco; kits individuales de primeros auxilios (picaduras de insectos, heridas menores, deshidratación, insolación); equipos de hidratación portátil; chalecos reflectivos para

zonas de circulación vehicular; y elementos de protección contra fauna silvestre. Los equipos asignados a operación con VANT requieren EPP específicos (cascos, gafas, elementos de señalización del área operativa); los equipos asignados a operación geodésica requieren elementos apropiados para campo extendido.

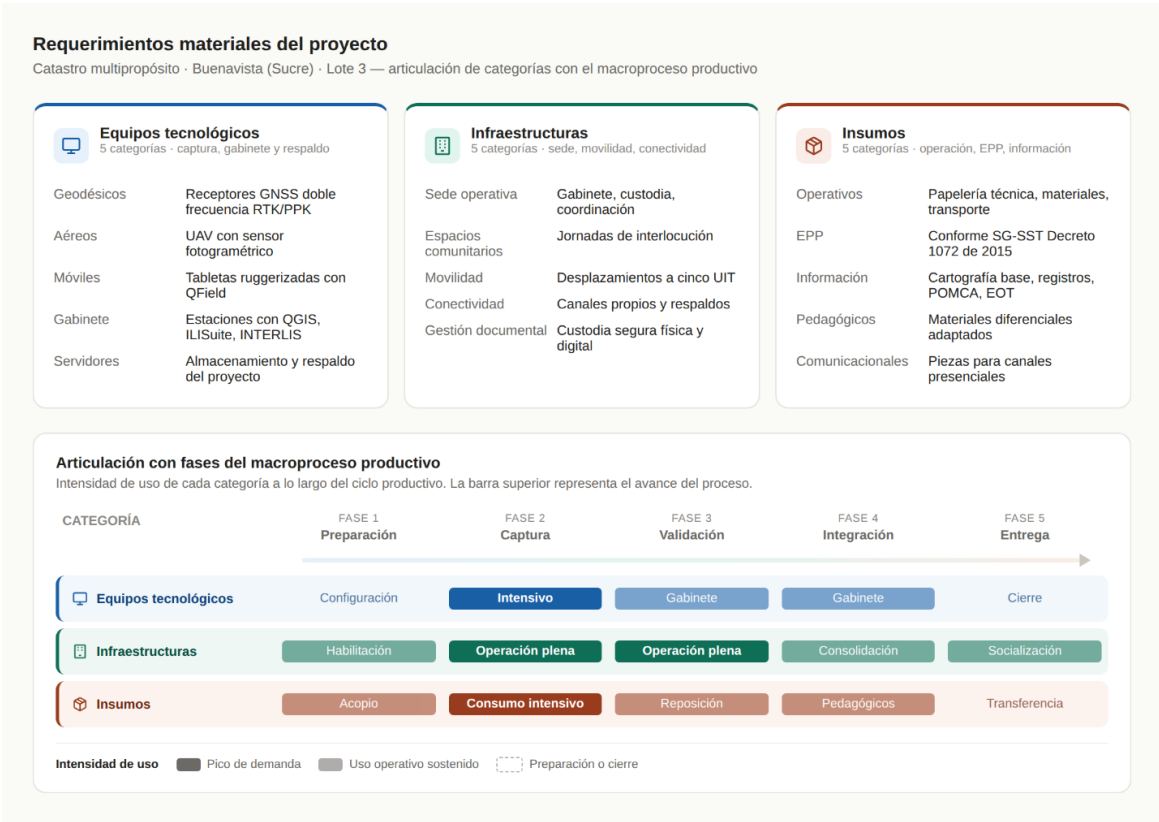
- Insumos de información: cartografía base oficial y ortofotomosaicos preexistentes disponibles, bases prediales del IGAC del universo registrado en la base catastral existente, folios de matrícula inmobiliaria y certificados de tradición y libertad para la articulación catastro-registro, instrumentos de planificación territorial (EOT adoptado mediante la Resolución 188 de 2000 con vigencia vencida según el subacápite 2.2.4, Plan de Desarrollo Municipal vigente, POMCA del río Bajo San Jorge, información sobre la reserva forestal de Santa Inés y Costa Rica). La gestión de estos insumos tiene particular complejidad en Buenavista derivada del rezago catastral desde 2008: las fuentes secundarias preexistentes requieren validación cruzada intensiva con fuentes alternativas (registros notariales, información de la Superintendencia de Notariado y Registro, Agencia Nacional de Tierras cuando aplique, información municipal), dado que la información catastral histórica puede presentar inconsistencias significativas por omisión, comisión y desactualización. La planificación debe contemplar tiempos y recursos específicos para esta consolidación.
- Insumos para diálogo intercultural y comunicaciones: materiales pedagógicos diferenciales adaptados culturalmente (cartillas informativas sobre el catastro multipropósito, infografías sobre el proceso operativo y los derechos y deberes ciudadanos, materiales visuales para jornadas comunitarias rurales, materiales en formatos accesibles para población con limitaciones de lectoescritura considerando que el

13,2 % de la población se encuentra fuera de la tasa de alfabetismo del 86,8 %, materiales adaptados para diálogo intercultural con AFROSDEBUENAVISTA reconocida por la Resolución 265 de 2022 del Ministerio del Interior y con población indígena fuera de resguardo). La adaptación cultural deriva de los principios PMI de liderar con responsabilidad y de la normativa de salvaguardas étnicas establecida por la Resolución transitoria 338 de 2023 del IGAC (Ministerio del Interior, 2022; IGAC, 2023b; PMI, 2025). Los insumos comunicacionales incluyen piezas de comunicación masiva para canales locales (medios comunitarios, redes sociales institucionales, perifoneo rural), piezas de comunicación institucional (oficios, comunicados, articulación interinstitucional con administración municipal, CARSUCRE y entidades sectoriales) y soportes de las jornadas de los cuatro niveles de interlocución. El bajo acceso a internet (3,1 %) implica privilegiar canales presenciales, medios físicos y modalidades comunitarias de difusión sobre canales digitales.

La Ilustración 11 presenta el dimensionamiento integrado de los requerimientos materiales del proyecto organizados por categorías de equipos, infraestructuras e insumos y articulados con las fases del macroproceso productivo.

Ilustración 11.

Dimensionamiento integrado de los requerimientos materiales del proyecto



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

El dimensionamiento integrado por fase del macroproceso productivo distribuye los recursos en la secuencia temporal del proyecto: la fase pre-operativa concentra la configuración técnica de equipos, la habilitación de infraestructuras (sede, conectividad, sistemas de información), el acopio de insumos de información y el acopio inicial de insumos operativos y EPP; las fases operativas de captura, validación e integración demandan operación plena de equipos e infraestructuras, consumo intensivo de insumos operativos y reposición progresiva; la fase de validación concentra el procesamiento de gabinete (QGIS, ILISuite, INTERLIS); la fase de integración demanda consolidación en servidores con respaldo y preparación de insumos

pedagógicos; y la fase post-operativa concentra los insumos comunicacionales y de transferencia, así como la infraestructura para las jornadas de cuarto nivel de interlocución.

El dimensionamiento por UIT responde a las particularidades de cada unidad: la UIT urbana (3.920 predios en 106,77 hectáreas) demanda concentración intensiva de tabletas con QField, alta presencia de personal operativo, articulación logística con la sede y operación predominante por método directo; las cuatro UIT rurales (1.215 predios sobre 14.701,84 hectáreas) demandan movilidad significativa por la dispersión, equipos geodésicos y VANT para captura sobre extensiones amplias, EPP reforzados para operación rural, insumos comunicacionales para articulación con las juntas de acción comunal rurales y operación combinada por métodos directo, colaborativo e indirecto. Esta asimetría es estructural y orienta las decisiones de adquisición, asignación y desmovilización a lo largo de la ejecución.

Los requerimientos materiales se articulan con cuatro dominios de desempeño del PMBOK octava edición (PMI, 2025):

- Recursos (dominio principal): las tres categorías de requerimientos constituyen los recursos físicos del proyecto, cuya planificación, adquisición, asignación, control y desmovilización configura su ciclo de vida, articulado con el universo predial, las cinco UIT y el horizonte de once meses.
- Alcance: los requerimientos se dimensionan para cubrir la totalidad del universo predial sin exclusión territorial, en cumplimiento del principio de cobertura universal del servicio público catastral.
- Cronograma: la articulación con las cinco fases del macroproceso asegura la disponibilidad temporal en la secuencia correcta, evitando cuellos de botella y holguras improductivas.

- Incertidumbre: la planificación incorpora contingencias materiales frente a riesgos identificables (redundancia de equipos críticos, reservas de insumos consumibles, planes de respaldo de conectividad y reservas presupuestales asociadas conforme al acápite de estructura de costos).

Esta arquitectura materializa los principios PMI de centrarse en el valor, incorporar la calidad en los procesos y entregables, y construir una cultura de empoderamiento: los recursos son medios para producir el valor público del catastro multipropósito, incorporan los estándares técnicos exigidos para la calidad del producto y respetan las particularidades culturales y demográficas del territorio mediante adaptaciones diferenciales para la presencia étnica organizada y para la baja conectividad del municipio.

En resumen, los requerimientos materiales del proyecto se estructuran en tres categorías: equipos tecnológicos en cinco subcategorías (GNSS de precisión, VANT fotogramétricos, dispositivos móviles con QField, estaciones de gabinete con QGIS/ILISuite/INTERLIS y servidores con respaldo); infraestructuras física y tecnológica con adaptación a la baja conectividad del municipio; e insumos operativos con EPP conforme al SG-SST (Decreto 1072 de 2015), insumos de información con validación cruzada por el rezago catastral desde 2008 e insumos para diálogo intercultural y comunicaciones con adaptación cultural diferencial. El dimensionamiento se articula con las cinco fases del macroproceso productivo, las cinco UIT del municipio y los dominios PMBOK de Recursos, Alcance, Cronograma e Incertidumbre.

2.2.7. Supuestos y Restricciones del Proyecto

Los supuestos y restricciones del proyecto en estudios técnicos de inversión constituyen las condiciones de borde que enmarcan la ejecución, configurando el espacio de planificación dentro del cual se desarrolla la intervención (Baca Urbina, 2013; Miranda Miranda, 2017; Sapag Chain et al., 2014). La distinción metodológica entre ambas categorías es sustantiva: los supuestos son premisas asumidas como verdaderas para efectos de la planificación pero no verificadas en el momento de su formulación, de carácter provisional y sujetas a validación durante la ejecución; cuando un supuesto falla, configura un riesgo materializado que exige respuesta gestionada. Las restricciones son los límites efectivos verificados que enmarcan la ejecución, derivados de marcos normativos, contractuales, temporales, presupuestales, técnicos, organizacionales o territoriales, cuyo cumplimiento es obligatorio y cuya violación compromete la viabilidad del proyecto. En el marco metodológico del Project Management Institute, articulan principalmente con el dominio de Incertidumbre del PMBOK octava edición y constituyen insumos sustantivos del registro de riesgos del proyecto (PMI, 2025).

El marco metodológico para la identificación y gestión de supuestos y restricciones se estructura en tres dispositivos articulados:

- Registro de supuestos: instrumento documental que captura, clasifica, prioriza y monitorea las premisas asumidas durante la planificación. Se actualiza progresivamente conforme se obtiene información que permite validar o invalidar las premisas iniciales; los supuestos fallidos se incorporan al registro de riesgos para gestión específica.
- Registro de restricciones: identifica los límites efectivos de la ejecución, su fuente normativa o contractual, su implicación para la planificación y los mecanismos de

cumplimiento. Es relativamente estable a lo largo del proyecto, dado que las restricciones derivan de marcos formales preexistentes, aunque puede actualizarse ante cambios normativos o nuevas restricciones identificadas durante la ejecución.

- Articulación con el registro de riesgos: mecanismo metodológico que traduce las condiciones de borde de la planificación en riesgos identificados con análisis cuantitativo y estrategias de respuesta, conforme al ciclo de gestión de riesgos del PMBOK octava edición.

Los supuestos del proyecto en el municipio de Buenavista se identifican a partir del análisis integral desarrollado en los subacápites previos del Estudio Técnico y del Estudio de Mercado, cubriendo las categorías sustantivas de la planificación: disponibilidad y calidad de las fuentes secundarias de información, capacidad institucional y operativa de los actores, cooperación de los titulares de derechos sobre los predios, articulación con la administración municipal y con las autoridades sectoriales, estabilidad del marco normativo, condiciones climáticas y de accesibilidad durante el horizonte de ejecución, disponibilidad de profesionales con perfiles especializados, efectividad del relacionamiento intercultural con las organizaciones étnicas del territorio, y productividad operativa esperada en las cinco unidades de intervención territorial. Cada supuesto incorpora un fundamento metodológico, una evaluación inicial de su probabilidad de cumplimiento y un riesgo asociado en caso de fallar.

Las restricciones del proyecto se derivan del marco normativo del servicio público catastral, del arreglo institucional, de las características territoriales del municipio y de los compromisos temporales y financieros de la ejecución. Las restricciones normativas se sustentan en la Ley 1955 de 2019, la Ley 2294 de 2023, la Resolución 1040 de 2023 del IGAC, la Resolución 746 de 2024 sobre LADM-COL, la Resolución transitoria 338 de 2023 sobre

salvaguardas étnicas, los Decretos 0462 y 1139 de 2025 sobre catastro multipropósito en territorios étnicos, y la normativa concurrente sobre ordenamiento territorial, protección ambiental, protección de datos personales y seguridad y salud en el trabajo (Congreso de la República de Colombia, 1997, 2012, 2019, 2023; IGAC, 2023a, 2023b, 2024; Presidencia de la República de Colombia, 2015, 2025a, 2025b). Las restricciones técnicas comprenden los cinco estándares de calidad del producto integral (consistencia lógica, exactitud posicional, integridad temática, interoperabilidad y trazabilidad) y los modelos de datos obligatorios (LADM-COL en formato XTF). Las restricciones temporales se configuran por el horizonte de once meses distribuido en siete hitos con plazos máximos definidos. Las restricciones organizacionales y territoriales se derivan de la cobertura universal del universo predial, de la estructura por cinco UIT y de la presencia étnica organizada del municipio que activa los mecanismos de salvaguarda diferencial.

El registro integrado de supuestos y restricciones del proyecto comprende doce supuestos (S001-S012) y catorce restricciones (R001-R014), organizados con seis dimensiones de caracterización (ID, tipo, descripción, categoría, estado y responsable funcional). Los supuestos cubren las categorías de Alcance (S001 sobre disponibilidad de fuentes secundarias del IGAC, S009 sobre articulación con la SNR para acceso a folios de matrícula), Interesados (S002 articulación con la administración municipal, S003 cooperación de los titulares de derechos, S007 relacionamiento intercultural con AFROSDEBUENAVISTA y población indígena fuera de resguardo), Cronograma (S004 productividad operativa por reconocedor, S011 articulación con CARSUCRE para el POMCA), Ambiental (S005 condiciones climáticas de las Sabanas de Sucre), Recursos (S006 disponibilidad de profesionales especializados, S008 estabilidad de plataformas tecnológicas, S010 conectividad complementaria desplegada por el proyecto) y

Finanzas (S012 esquema de financiación por hitos). Las restricciones cubren las categorías de Alcance (R001 cobertura universal del universo predial, R012 articulación catastro-registro), Calidad (R002 cumplimiento de LADM-COL en formato XTF, R003 cinco estándares de calidad, R011 criterios de aceptación de entregables), Cronograma (R004 once meses con siete hitos), Jurídica (R005 protección de datos personales conforme a Ley 1581 de 2012), Social (R006 salvaguardas étnicas conforme a Resolución transitoria 338 de 2023), Recursos (R007 SG-SST conforme a Decreto 1072 de 2015, R009 régimen contractual conforme a Decreto 1273 de 2018), Ambiental (R008 determinantes del POMCA del río Bajo San Jorge y reserva forestal de Santa Inés y Costa Rica), Gobernanza (R010 marco del servicio público catastral, R013 procedimientos formales de la Resolución 1040 de 2023 del IGAC) e Institucional (R014 transferencia de conocimiento a la administración municipal conforme al CONPES 3958 de 2019). El detalle completo del registro se presenta en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

La articulación del registro de supuestos y restricciones con el registro de riesgos del proyecto constituye un dispositivo metodológico central de la gestión del dominio de Incertidumbre. Cada supuesto tiene asociado al menos un riesgo identificable que se materializa cuando la premisa falla: la cooperación de los titulares de derechos (S003) se articula con el riesgo de baja participación comunitaria y oposiciones masivas; la productividad operativa (S004) con el riesgo de incumplimiento del cronograma; las condiciones climáticas (S005) con el riesgo de pérdida de días de campo por eventos meteorológicos; la disponibilidad de profesionales (S006) con el riesgo de rotación de personal y vacantes prolongadas; el relacionamiento étnico (S007) con el riesgo de conflictividad social. Cada restricción alimenta el registro de riesgos en términos del riesgo de incumplimiento y sus consecuencias: el

incumplimiento de la cobertura universal (R001) configura el riesgo de invalidación del producto por exclusión territorial injustificada; el incumplimiento de los estándares de calidad (R003) configura el riesgo de rechazo del producto por la autoridad catastral; el incumplimiento del horizonte temporal (R004) configura el riesgo de retraso con implicaciones financieras y reputacionales.

El registro de supuestos y restricciones se articula con tres dominios de desempeño del PMBOK octava edición (PMI, 2025):

- Incertidumbre (dominio principal): los supuestos y restricciones constituyen las condiciones de borde de la planificación cuya falla o incumplimiento configura los riesgos materializados del proyecto. La gestión activa del registro a lo largo del ciclo de vida, con monitoreo periódico del estado de cada elemento, validación progresiva de los supuestos y verificación del cumplimiento de las restricciones, constituye una buena práctica de gestión de la incertidumbre.
- Gobernanza: cada elemento del registro tiene asignado un responsable por rol funcional, lo que asegura la trazabilidad y rendición de cuentas de la gestión.
- Entregables: muchas restricciones (estándares de calidad, modelo LADM-COL, articulación catastro-registro) configuran requisitos de aceptación directos de los productos del proyecto.

Esta arquitectura materializa los principios PMI de incorporar la calidad en los procesos y entregables, liderar con responsabilidad y adoptar una visión holística: el registro es un dispositivo de calidad de la planificación, un instrumento de transparencia y rendición de cuentas, y una expresión de la lectura integral del proyecto en sus dimensiones técnica, jurídica, social, ambiental, financiera y de gobernanza.

En síntesis, el registro de supuestos y restricciones del proyecto comprende doce supuestos y catorce restricciones detallados en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, articulados con las particularidades del territorio (presencia étnica organizada, baja conectividad, régimen climático monomodal, rezago catastral) y con el marco normativo del servicio público catastral. Su articulación con el registro de riesgos configura el sistema de control de la incertidumbre del proyecto, integrando la planificación con el monitoreo continuo y con las estrategias de respuesta conforme al ciclo PMI octava edición. La articulación con los dominios PMBOK de Incertidumbre, Gobernanza y Entregables integra el registro con la planificación general del proyecto.

2.3. Estudio Financiero

El presente acápite desarrolla el estudio financiero del proyecto de actualización catastral multipropósito para el municipio de Buenavista (Sucre), siguiendo la metodología del Project Management Institute según la octava edición de la Guía PMBOK (PMI, 2025) y los principios de evaluación financiera de proyectos de inversión consagrados por Baca Urbina (2013), Sapag Chain et al. (2014) y Miranda Miranda (2017). El análisis abarca nueve componentes: estimación de la inversión, definición de costos y gastos operacionales, fuentes de financiación y costo de capital, flujo de caja del proyecto, proyección de estados financieros, flujo de caja neto, determinación de la tasa de descuento, evaluación financiera mediante indicadores múltiples y análisis de sensibilidad articulado con un plan integral de contingencias.

El estudio se sustenta en un modelo financiero estructurado bajo la cascada presupuestaria PMI, con cinco niveles jerárquicos: costos directos por \$3.144.200.000, costos indirectos (overhead) por \$752.000.000, reserva de contingencia por \$1.253.000.000, reserva de

gestión por \$501.000.000 y utilidad bruta por \$627.800.000, para un valor total de propuesta de \$6.278.000.000. La distribución temporal se proyecta sobre un horizonte de trece meses (M1 a M13): fase pre-operativa (M1), fase operativa de once meses (M2 a M12) y fase de cierre (M13).

En cuanto al marco tributario, el modelo financiero incorpora el tratamiento previsto en el artículo 18 del Estatuto Tributario colombiano, modificado por la Ley 223 de 1995, según el cual los consorcios y uniones temporales no son contribuyentes del impuesto sobre la renta; el impuesto se traslada en cabeza de cada partícipe individualmente y en el modelo se aplica una tarifa del 35 % como referencia del régimen ordinario de sociedades vigente para el año gravable 2026. Las tasas de financiación reflejan las condiciones del mercado colombiano vigentes en mayo de 2026: el Indicador Bancario Cubierto (IBC) certificado por la Superintendencia Financiera mediante la Resolución 0662 de 2026 se ubica en 18,78 % E.A. y la tasa de política monetaria del Banco de la República se mantiene en 11,25 % E.A. Estos referentes orientan el costo del crédito comercial preferencial utilizado en el modelo (18 % E.A.) y el costo de oportunidad del capital propio (12 % E.A.).

2.3.1. Estimación del Valor de la Inversión del Proyecto

La estimación de la inversión total del proyecto se realiza siguiendo la taxonomía clásica de la evaluación financiera, que clasifica las erogaciones en tres categorías mutuamente excluyentes y conjuntamente exhaustivas: activos fijos, inversión pre-operativa y capital de trabajo (Baca Urbina, 2013; Sapag Chain et al., 2014). Esta clasificación es independiente de la cascada presupuestaria PMI y tiene como propósito identificar la naturaleza económica de cada erogación para efectos de la evaluación financiera.

Activos fijos

Los activos fijos corresponden a inversiones en bienes con vida útil superior a un período fiscal (Baca Urbina, 2013). Conforme a la NIIF para PYMES (Sección 17 sobre Propiedades, Planta y Equipo, y Sección 18 sobre Activos Intangibles), se subdividen en activos tangibles (equipos, hardware, instrumentos) e intangibles (software, licencias, insumos cartográficos digitales). Para el proyecto, los activos fijos ascienden a \$190.000.000, equivalentes al 6,04 % de la inversión total (\$3.144.200.000), distribuidos en \$150.000.000 en tangibles (78,95 % de la categoría) y \$40.000.000 en intangibles (21,05 %).

La composición específica responde a las necesidades técnicas de los cuatro componentes del catastro multipropósito establecidos por las resoluciones IGAC 1040 de 2023 y 746 de 2024: físico (levantamiento predial y construcción cartográfica), jurídico (verificación de derechos de propiedad), social (interlocución con propietarios y comunidades) y económico (avalúos catastrales). El detalle de los activos, sus valores y funciones técnicas en el proyecto se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5.

Composición detallada de los activos fijos del proyecto

Activo	Valor (COP)	Naturaleza	Función técnica en el proyecto
Estaciones GNSS y receptores GPS de precisión	\$45.000.000	Tangible	Levantamiento predial georreferenciado con precisión sub-métrica para el componente físico
Ortofotos · Restitución cartográfica	\$40.000.000	Intangible	Insumo cartográfico base para la elaboración de la cartografía catastral del componente físico
Equipos de cómputo robustos de campo	\$35.000.000	Tangible	Captura digital de datos en campo (físico, jurídico, social, económico); resistentes a condiciones rurales

Activo	Valor (COP)	Naturaleza	Función técnica en el proyecto
Servidores y equipos de procesamiento	\$30.000.000	Tangible	Procesamiento, almacenamiento seguro y consolidación de información en el modelo LADM_COL
Drones (UAV) para fotogrametría	\$18.000.000	Tangible	Captura aérea complementaria de zonas de difícil acceso y verificación de linderos
Equipos topográficos complementarios	\$12.000.000	Tangible	Apoyo al levantamiento físico en zonas con limitaciones de cobertura GNSS
Reposición y mantenimiento (M3-M12)	\$10.000.000	Tangible	Reposición programada y mantenimiento preventivo de equipos durante la operación
TOTAL, ACTIVOS FIJOS	\$190.000.000	—	Habilitación técnica de los cuatro componentes del catastro multipropósito

Nota. Construcción del autor con base en las especificaciones técnicas del componente físico catastral

establecidas por las resoluciones IGAC 1040 de 2023 y 746 de 2024. GNSS: Global Navigation Satellite System. UAV:

Unmanned Aerial Vehicle. LADM_COL: Land Administration Domain Model adaptado a Colombia.

Las estaciones GNSS constituyen el rubro de mayor magnitud (\$45 millones), coherente con el carácter técnico del componente físico que requiere precisión geodésica. Los activos intangibles (ortofotos) representan el 21,05 % del total, proporción que refleja la importancia de los insumos cartográficos digitales en proyectos catastrales modernos. La diversificación entre seis tipos de activos tangibles distintos mitiga el riesgo de obsolescencia tecnológica concentrada y proporciona redundancia operativa.

Análisis de vida útil y depreciación

La vida útil de cada activo varía según su naturaleza tecnológica y condiciones de uso, oscilando entre 3 años (ortofotos, por la dinámica del territorio) y 8 años (equipos topográficos convencionales). La Tabla 6 sintetiza las vidas útiles y los criterios de depreciación aplicables, siguiendo los lineamientos del Decreto 2420 de 2015 y la NIIF para PYMES.

Tabla 6.*Vida útil esperada y criterios de depreciación de los activos fijos*

Activo	Vida útil (años)	Tasa anual	Depreciación M13 (COP)	Justificación
Ortofotos	3	33,33%	\$3.612.000	Dinámica del territorio rural
Estaciones GNSS	7	14,29%	\$1.741.000	Equipos electrónicos profesionales
Equipos de cómputo	5	20,00%	\$1.896.000	Estándar fiscal y tecnológico
Servidores	5	20,00%	\$1.625.000	Estándar fiscal y tecnológico
Drones (UAV)	4	25,00%	\$1.219.000	Uso intensivo y vulnerabilidad
Equipos topográficos	8	12,50%	\$406.000	Tecnología convencional estable
Reposición y mantenimiento	—	—	Gasto del período	Tratamiento como gasto operativo
TOTAL, DEPRECIACIÓN ESTIMADA M13	—	—	\$10.499.000	5,53% del valor inicial

Nota. Depreciación lineal calculada sobre los meses efectivos de uso de cada activo durante el proyecto (11 meses promedio para equipos adquiridos en M2). La depreciación acumulada al cierre del proyecto representa el 5,53% del valor inicial de los activos fijos, magnitud que se considera despreciable para efectos del FCFF (sección 2.3.6).

Todos los activos fijos tienen vida útil superior a la duración del proyecto (13 meses, equivalentes a 1,08 años), por lo que al cierre los partícipes mantienen activos con valor económico residual utilizables en proyectos futuros. La depreciación acumulada estimada a M13 (\$10.499.000) representa apenas el 5,53 % del valor inicial de los activos fijos, magnitud que

valida la simplificación metodológica adoptada en el FCFF (sección 2.3.6) de no considerar la depreciación como variable significativa.

valor residual y consideraciones para el cierre

Al cierre del proyecto (M13), los activos fijos presentan un valor en libros estimado de \$179,5 millones (valor de adquisición \$190 millones menos depreciación acumulada de \$10,5 millones). Este valor residual constituye un activo de los partícipes del consorcio que puede ser utilizado en proyectos catastrales futuros o liquidado en el mercado secundario. Para efectos del modelo financiero, este valor residual no se incluye como ingreso porque se asume que los activos permanecen en propiedad de los partícipes, criterio coherente con la naturaleza de operadores especializados con vocación de continuidad en el sector. En caso de liquidación, el valor de realización en el mercado secundario suele oscilar entre 60 % y 80 % del valor en libros para equipos GNSS y topográficos de marcas reconocidas, entre 40 % y 60 % para drones y equipos de cómputo por la mayor velocidad de obsolescencia tecnológica, y resulta marginal para las ortofotos al no tener mercado secundario relevante por su carácter de información georreferenciada específica del territorio levantado.

Inversión pre-operativa

La inversión pre-operativa agrupa las erogaciones realizadas con anterioridad al arranque operativo (M1) o de manera concurrente con la fase pre-operativa (M2), cuyo propósito es habilitar jurídica, contractual y operativamente la ejecución. A diferencia del capital de trabajo, que se materializa a lo largo del horizonte temporal completo, la inversión pre-operativa se concentra en los primeros dos meses y constituye condición sine qua non para iniciar la operación catastral en territorio. Esta categoría suma \$158.500.000, equivalente al 5,04 % de la inversión total (\$3.144.200.000), distribuida en cinco rubros que se detallan en la Tabla 7.

Tabla 7.*Composición detallada de la inversión pre-operativa*

Rubro	Valor (COP)	% categoría	Mes de erogación	Marco normativo o justificación
Pólizas de cumplimiento contractual (4 amparos)	\$64.500.000	40,69%	M2	Ley 80/1993 art. 25 num. 19 y Decreto 1082/2015 art. 2.2.1.2.3.1.6
Elementos de protección personal (EPP) iniciales	\$40.000.000	25,24%	M2	Decreto 1072/2015 (SG-SST), Resolución 0312/2019
Impuesto de timbre nacional	\$31.000.000	19,56%	M1	Estatuto Tributario art. 519, Decreto 0175 de 2025
Dotación e identificación inicial	\$15.000.000	9,46%	M2	Código Sustantivo del Trabajo art. 230
Gastos notariales y registrales	\$8.000.000	5,05%	M2	Decreto 1681/2020, Estatuto del Notariado
TOTAL INVERSIÓN PRE-OPERATIVA	\$158.500.000	100,00%	M1-M2	5,04% de la inversión total del proyecto

Nota. Construcción del autor con base en el marco normativo colombiano aplicable a la contratación pública y los proyectos de servicios catastrales. La concentración temporal en M1-M2 refleja la naturaleza pre-operativa de estas erogaciones.

Análisis detallado de las pólizas contractuales

Las pólizas contractuales constituyen el rubro de mayor peso dentro de la inversión pre-operativa (40,69% de la categoría) y son requisito obligatorio para la ejecución de contratos con entidades públicas en Colombia. La Ley 80 de 1993 (Estatuto General de Contratación de la Administración Pública) y el Decreto 1082 de 2015 establecen los amparos mínimos requeridos según la naturaleza del contrato. Para proyectos catastrales con entidades públicas territoriales, se requieren cuatro amparos específicos cuya estructura se detalla en la siguiente tabla (Tabla 8).

Tabla 8.*Detalle de las pólizas contractuales requeridas*

Amparo	Cuantía (COP)	% del contrato	Vigencia	Cobertura
Cumplimiento del contrato	\$31.390.000	0,50%	Plazo del contrato + 4 meses	Perjuicios por incumplimiento, mala calidad o demora en la entrega
Calidad del servicio	\$18.834.000	0,30%	Plazo del contrato + 12 meses	Defectos de calidad del producto entregado (información catastral)
Pago de salarios y prestaciones sociales	\$9.417.000	0,15%	Plazo del contrato + 3 años	Obligaciones laborales con el equipo del proyecto
Responsabilidad civil extracontractual	\$4.859.000	0,08%	Plazo del contrato	Daños causados a terceros durante la ejecución
TOTAL PÓLIZAS	\$64.500.000	1,03%	—	Cobertura integral de los cuatro amparos exigidos contractualmente

***Nota.** Cuantías estimadas con base en tarifas de mercado para aseguradoras colombianas con calificación AA o superior, vigentes en mayo de 2026. La cuantía total representa el 1,03% del valor del contrato, magnitud típica para proyectos de servicios catastrales con entidades públicas.*

Detalle del impuesto de timbre nacional

El impuesto de timbre nacional fue reactivado mediante el Decreto 0175 de 2025, expedido en el marco de la emergencia económica declarada por el Gobierno Nacional. Este decreto establece una tarifa del 1 % para documentos privados sometidos a registro y del 0,5 % para contratos suscritos con entidades públicas en cuantía superior a 6.000 UVT (aproximadamente \$314 millones para 2026). Dado que el proyecto se ejecuta bajo contrato con entidad pública territorial y su cuantía supera ampliamente el umbral, aplica la tarifa del 0,5 %, lo que genera una obligación de \$31.000.000 (Estatuto Tributario art. 519). Este impuesto se

causa al momento de la suscripción del contrato y se paga en el mes 1 (M1) del proyecto, antes del inicio efectivo de las operaciones.

Elementos de protección personal (EPP) y dotación inicial

Los EPP (\$40.000.000) y la dotación inicial (\$15.000.000) constituyen rubros separados con propósitos complementarios. Los EPP responden a las exigencias del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) establecido por el Decreto 1072 de 2015 e implementado mediante la Resolución 0312 de 2019. Para un proyecto catastral con desplazamiento territorial incluyen calzado de seguridad antideslizante, protección solar, repelente contra vectores, botiquines de campo, kits de primeros auxilios, chalecos reflectivos y elementos de comunicación de emergencia. La dotación inicial cubre uniformes, chalecos institucionales y carnés del personal, en cumplimiento del artículo 230 del Código Sustantivo del Trabajo y como mecanismo de identificación frente a las comunidades en campo.

Gastos notariales y registrales

Los gastos notariales y registrales (\$8.000.000) cubren la formalización jurídica del consorcio operador y los actos requeridos para la habilitación contractual: escritura de constitución del contrato de colaboración empresarial, autenticación de poderes de representación, registro mercantil en la cámara de comercio competente, expedición del NIT del consorcio ante la DIAN y suscripción notarial del contrato con la entidad contratante, conforme a las tarifas del Decreto 1681 de 2020.

Capital de trabajo

El capital de trabajo agrupa los recursos requeridos para sostener la operación del proyecto durante su horizonte completo (M1 a M13) y asciende a \$2.795.700.000, equivalente al 88,92 % de la inversión total. Esta proporción es característica de los proyectos de servicios

profesionales intensivos en mano de obra desplegada en territorio, como ocurre con los proyectos de actualización catastral multipropósito. Se compone de tres bloques funcionales detallados en la Tabla 9: recursos humanos (líderes, equipo operativo y equipo de apoyo), operación y logística (transporte, viáticos, comunicaciones, oficinas y aseguramiento social) y tecnología recurrente (licencias, conectividad y mantenimiento).

Tabla 9.

Composición funcional del capital de trabajo

Bloque funcional	Valor (COP)	% capital trabajo	% inversión total
A. RECURSOS HUMANOS			
Equipo operativo (reconocedores, técnicos, profesionales por componente)	\$1.380.000.000	49,36%	43,89%
Líderes técnicos y administrativos	\$680.000.000	24,32%	21,63%
Equipo de apoyo (administrativo, calidad, financiero)	\$320.000.000	11,45%	10,18%
Subtotal recursos humanos	\$2.380.000.000	85,13%	75,69%
B. OPERACIÓN Y LOGÍSTICA			
Transporte y viáticos territoriales	\$130.000.000	4,65%	4,13%
ARL, primas y dotación de reposición	\$108.000.000	3,86%	3,43%
Comunicaciones e interlocución comunitaria	\$80.000.000	2,86%	2,54%
Oficinas, papelería e insumos administrativos	\$55.000.000	1,97%	1,75%
Subtotal operación y logística	\$373.000.000	13,34%	11,86%
C. TECNOLOGÍA RECURRENTE			
Licencias de software, conectividad y mantenimiento	\$42.700.000	1,53%	1,36%
TOTAL CAPITAL DE TRABAJO	\$2.795.700.000	100,00%	88,92%

Nota. Construcción del autor con base en la matriz de costos del proyecto. La estructura RRHH-Operación-Tecnología es característica de proyectos catastrales multipropósito en Colombia, donde la mano de obra especializada constituye el principal vector de costos.

Detalle del componente de recursos humanos

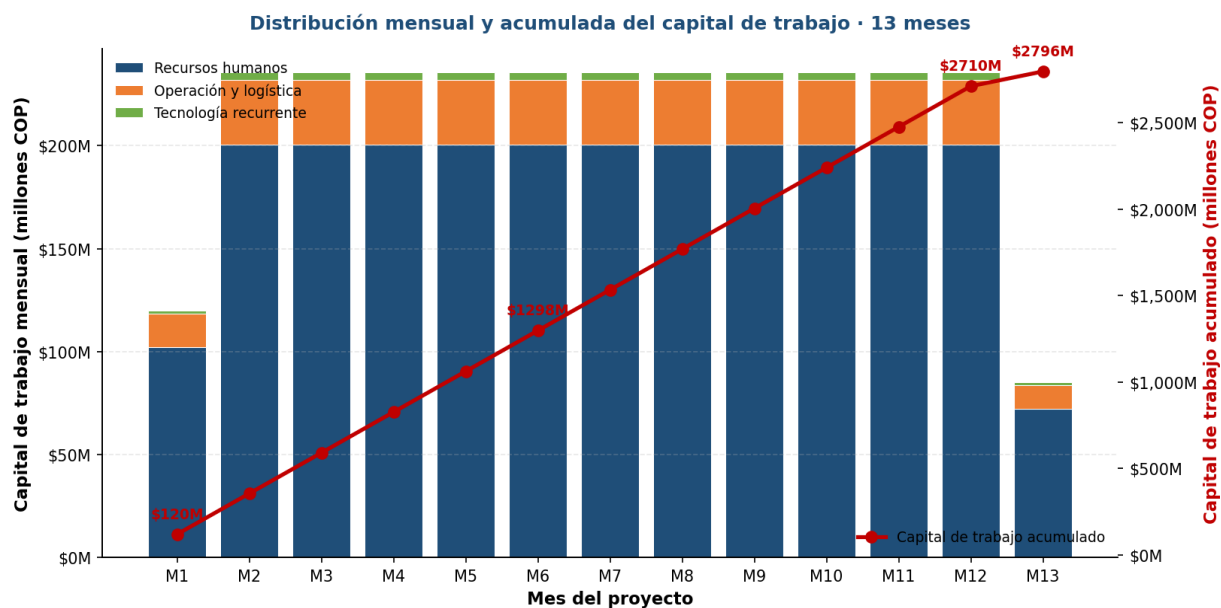
Los recursos humanos representan el 85,13 % del capital de trabajo y el 75,69 % de la inversión total. Esta concentración refleja la naturaleza del catastro multipropósito como servicio profesional especializado que requiere personal calificado para cada uno de los cuatro componentes establecidos por las resoluciones IGAC 1040 de 2023 y 746 de 2024. La estructura de personal se organiza en tres niveles jerárquicos: líderes (responsables técnicos y administrativos del proyecto), equipo operativo (personal de campo y profesionales especializados por componente) y equipo de apoyo (funciones transversales administrativas, financieras y de aseguramiento de calidad), con un total de 15 perfiles específicos cuya estructura detallada (perfil, valor, vinculación, duración y función principal) se presenta en el **Anexo C. Estructura de recursos humanos del proyecto.**

Distribución temporal del capital de trabajo

La distribución temporal del capital de trabajo no es uniforme a lo largo del horizonte del proyecto. La Ilustración 12 muestra la evolución mensual evidenciando tres fases diferenciadas: una fase inicial reducida (M1) durante la cual solo opera el equipo de liderazgo y los procesos pre-operativos, una fase operativa plena (M2 a M12) donde se materializa el grueso del gasto en personal de campo y operación territorial, y una fase de cierre (M13) con reducción significativa del personal operativo y concentración en consolidación de productos.

Ilustración 12.

Distribución mensual y acumulada del capital de trabajo durante los 13 meses del proyecto



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

El mes 1 (M1) demanda un capital de trabajo reducido (\$120 millones, equivalente al 4,3 % del total), correspondiente principalmente a los líderes que inician la planificación operativa y los procesos de constitución del consorcio. Desde el mes 2 (M2) en adelante el capital de trabajo mensual se estabiliza alrededor de \$235,5 millones por mes, manteniéndose constante durante los 11 meses de operación plena. En el mes 13 (M13) el gasto se reduce a \$85 millones, correspondiente al equipo de cierre que consolida productos finales y atiende las obligaciones de cierre contractual. Esta estructura temporal, combinada con el cronograma de cobros del contrato (analizado en la sección 2.3.4), determina el déficit de caja del proyecto y la necesidad de capital de trabajo financiado. La concentración del 91,4 % del capital de trabajo entre los meses M2 y M12 implica que el proyecto requiere disponibilidad financiera sostenida durante todo el período

de operación, característica que se aborda mediante la estructura de financiación 50/50 (capital propio + crédito) desarrollada en la sección 2.3.3.

Síntesis de la inversión total del proyecto

La síntesis consolidada de las tres categorías de inversión analizadas se presenta en la Tabla 10, que permite valorar la magnitud y composición de la inversión total desde la perspectiva de evaluación financiera.

Tabla 10.

Composición de la inversión del proyecto por categoría

Categoría de inversión	Valor (COP)	% del total	Naturaleza económica
Activos fijos (tangibles + intangibles)	\$190.000.000	6,04%	Bienes con vida útil > 1 período
Inversión pre-operativa	\$158.500.000	5,04%	Erogaciones de habilitación
Capital de trabajo	\$2.795.700.000	88,92%	Recursos para operación recurrente
TOTAL, INVERSIÓN	\$3.144.200.000	100,00%	

Nota. Construcción del autor con base en la estructura de costos del proyecto y la taxonomía de Baca Urbina (2013) y Sapag Chain et al. (2014).

La alta proporción del capital de trabajo (88,92 %) es coherente con la naturaleza del proyecto. Un proyecto de actualización catastral multipropósito presenta una estructura de costos dominada por mano de obra directa (reconocedores prediales, profesionales de apoyo jurídico, social, económico y físico, líderes técnicos y equipo administrativo) sumada a las erogaciones de operación territorial (transporte, viáticos, comunicaciones e interlocución). Esto implica que el proyecto requiere un esfuerzo de financiación significativo durante los primeros meses, característica analizada con profundidad en el flujo de caja (sección 2.3.4) que determina la necesidad de una estructura de financiación específica (sección 2.3.3).

2.3.2. Definición y Determinación de Costos y Gastos de Operación

Los costos y gastos de operación del proyecto se estructuran bajo dos criterios complementarios: la cascada presupuestaria PMI según la octava edición del PMBOK (PMI, 2025) y la clasificación funcional por categorías de costo, que permiten analizar simultáneamente la lógica de gestión del proyecto (línea base, reservas, utilidad) y la composición económica de las erogaciones.

Cascada presupuestaria PMI

La octava edición del PMBOK reafirma la estructura jerárquica del presupuesto del proyecto, compuesta por cinco capas acumulativas: costos directos, costos indirectos (overhead), reserva de contingencia, reserva de gestión y utilidad. Los costos directos e indirectos conforman la línea base de costos (cost baseline) sobre la cual se mide el desempeño mediante los indicadores de gestión del valor ganado (EVM). La reserva de contingencia cubre los riesgos identificados (known unknowns), mientras que la reserva de gestión cubre los riesgos no identificados (unknown unknowns) y su uso requiere autorización del patrocinador del proyecto. La composición de las cinco capas se detalla en la Tabla 11.

Tabla 11.

Cascada presupuestaria del proyecto según PMBOK 8ª edición

Capa	Valor (COP)	% del total	Acumulado
Costos directos	\$3.144.200.000	50,08%	\$3.144.200.000
Costos indirectos (overhead)	\$752.000.000	11,98%	\$3.896.200.000

Capa	Valor (COP)	% del total	Acumulado
Línea base de costos	\$3.896.200.000	62,06%	\$3.896.200.000
Reserva de contingencia	\$1.253.000.000	19,96%	\$5.149.200.000
Presupuesto del proyecto	\$5.149.200.000	82,02%	\$5.149.200.000
Reserva de gestión	\$501.000.000	7,98%	\$5.650.200.000
Fondos requeridos	\$5.650.200.000	90,00%	\$5.650.200.000
Utilidad	\$627.800.000	10,00%	\$6.278.000.000
VALOR TOTAL PROPUESTA	\$6.278.000.000	100,00%	\$6.278.000.000

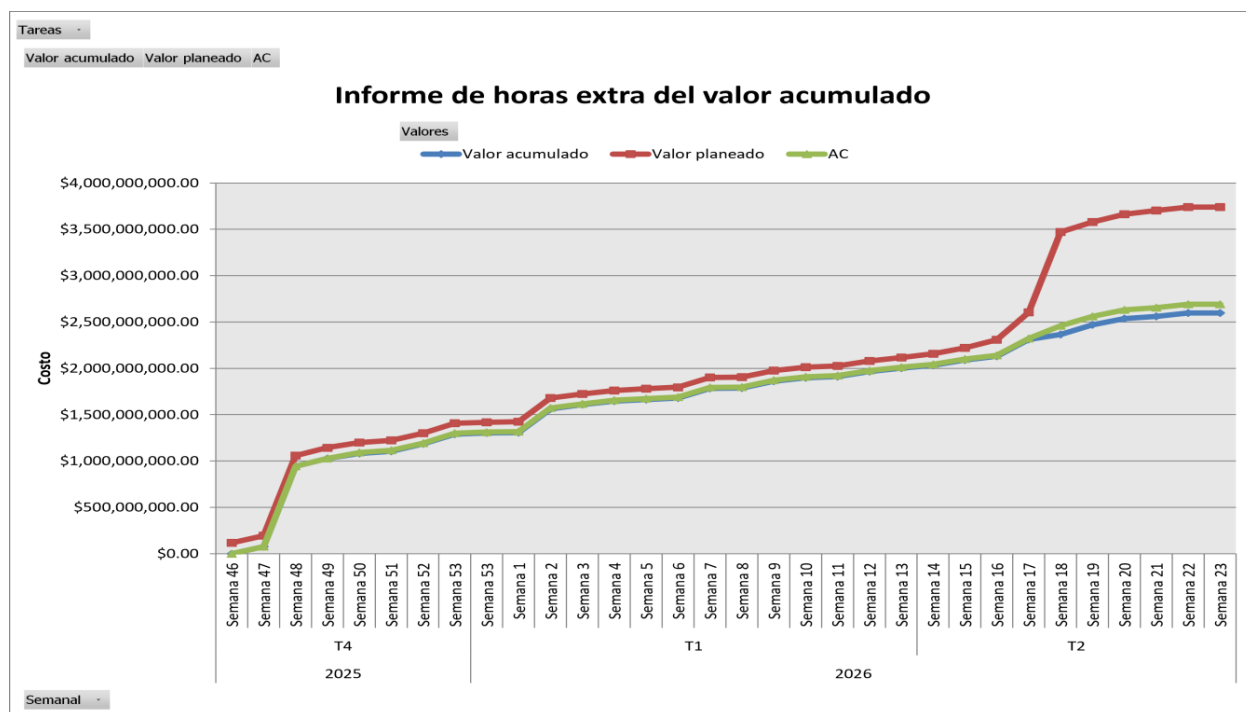
Nota. Construcción del autor con base en la metodología PMI (PMBOK 8ª edición). La línea base de costos es el referente para medir el desempeño en costos (EVM); la reserva de contingencia cubre riesgos identificados y se asigna a la línea base por el director del proyecto; la reserva de gestión cubre riesgos no identificados y requiere autorización del patrocinador.

Distribución mensual de costos · Curva S

La distribución temporal de los costos sigue una curva sigmoide característica de proyectos con fase de arranque (semanas 46–53 de 2025), pleno desarrollo operativo (semanas 1–17 de 2026) y fase de consolidación y cierre (semanas 18–23 de 2026). La curva S del proyecto, mostrada en la ilustración 13, superpone tres series acumuladas a lo largo de las 32 semanas de ejecución: el valor planeado (PV, en rojo), el valor acumulado o valor ganado (EV, en azul) y el costo real (AC, en verde).

Ilustración 13.

Curva S del proyecto con las tres capas de la cascada PMI



Nota: Construcción del autor mediante Project.

Su lectura no se apoya en puntos aislados, sino en la geometría de las brechas entre las tres líneas como evidencia del desempeño acumulado (PMI, 2025, p. 80). Durante el cuarto trimestre de 2025 las tres series corren superpuestas, lo que confirma un arranque ajustado al ritmo programado. A partir del primer trimestre de 2026 el PV se separa hacia arriba mientras el EV y el AC permanecen juntos por debajo del plan; este patrón es coherente con las restricciones de orden público y las afectaciones al calendario de campo documentadas desde enero de ese año. Entre las semanas 17 y 18 el PV registra un incremento puntual de aproximadamente \$870 millones, correspondiente al fast tracking previsto en la línea base para ese período; la ausencia de respuesta del EV en ese mismo intervalo confirma el desplazamiento temporal del devengo. Desde la semana 18 hasta el corte de seguimiento, las tres líneas crecen en paralelo manteniendo

una brecha PV–EV constante de \$1.140 millones: el proyecto produce y gasta, pero sin recuperar el rezago acumulado.

Los indicadores al corte revelan una dualidad característica. El CPI de 0,965 refleja un sobre costo moderado del 3,6 % explicado principalmente por el crecimiento real del universo predial, que superó en un 39 % la base contractual. El SPI de 0,695 indica que el proyecto avanzó al 69,5 % de la velocidad planificada, resultado atribuible a los factores externos documentados. El EAC proyectado de \$4.038,0 millones supera la línea base en \$141,8 millones, monto cubierto dentro del margen de la reserva de contingencia disponible (\$1.253 millones). El TCPI de 1,078 establece que la eficiencia requerida en el trabajo restante debe ser un 7,8 % superior al promedio histórico, meta alcanzable condicionada al cierre oportuno de los hitos H5, H6 y H7.

Composición por categoría funcional

La clasificación por categoría funcional, complementaria a la cascada PMI, analiza la composición económica de los costos directos. La Tabla 12 presenta esta composición, donde los recursos humanos representan la categoría dominante con \$2.380.000.000, equivalentes al 75,7 % de los costos directos.

Tabla 12.

Distribución de los costos directos por categoría funcional

Categoría funcional	Valor (COP)	% directos	% del total
Recursos humanos (líderes, operativo, apoyo)	\$2.380.000.000	75,69%	37,91%
Operación, logística y comunicaciones	\$415.700.000	13,22%	6,62%
Activos fijos (equipos + ortofotos)	\$190.000.000	6,04%	3,03%
Costos legales y de aseguramiento	\$158.500.000	5,05%	2,52%

Categoría funcional	Valor (COP)	% directos	% del total
TOTAL COSTOS DIRECTOS	\$3.144.200.000	100,00%	50,08%

Nota. Construcción del autor con base en la matriz de costos del proyecto. Los porcentajes están referidos al total de costos directos y al valor total de la propuesta de \$6.278.000.000.

La dominancia de los recursos humanos refleja la naturaleza del catastro multipropósito como servicio profesional altamente especializado, con perfiles específicos por componente (físico, jurídico, social y económico) detallados en el subacápite 2.2.5 y en el **Anexo C**. Estructura de recursos humanos del proyecto.

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

La determinación de las fuentes de financiación del proyecto requiere identificar previamente la magnitud y el momento del requerimiento de capital, definir la estructura óptima (mezcla deuda/patrimonio) y establecer el costo de cada fuente. El análisis del flujo de caja desarrollado en la sección 2.3.4 revela que el déficit máximo del proyecto alcanza \$1.013.263.666 en el mes 6 (M6), correspondiente al 16,14 % del valor del contrato. Esta cifra constituye el requerimiento máximo de capital de trabajo y la base sobre la cual se estructura la financiación.

Estructura de capital recomendada

Tras el análisis de cinco estructuras alternativas (100 % capital propio, 75/25, 50/50, 25/75 y 100 % crédito) desarrollado en la hoja de apalancamiento del modelo financiero, se recomienda la estructura 50 % capital propio + 50 % crédito comercial. Esta estructura constituye el punto de equilibrio teórico entre rentabilidad sobre capital propio y riesgo financiero, criterio coherente con la teoría del trade-off de la estructura de capital (Brealey,

Myers & Allen, 2020; Ross, Westerfield & Jaffe, 2019). La justificación financiera radica en que el retorno operativo del proyecto (cerca al 50 % E.A. sobre el capital invertido) supera ampliamente el costo del crédito disponible en el mercado colombiano (18 % E.A.), generando un spread favorable de aproximadamente 32 puntos porcentuales. En estas condiciones, el apalancamiento parcial incrementa el retorno sobre el capital propio sin comprometer la viabilidad del proyecto ni exponerlo a riesgos de liquidez no gestionables.

Tabla de fuentes y usos

La tabla de fuentes y usos constituye un instrumento fundamental de la planeación financiera de proyectos (Miranda Miranda, 2017): garantiza el equilibrio entre la magnitud y temporalidad de los recursos requeridos (usos) y la disponibilidad de financiación (fuentes), evitando déficits de liquidez no previstos. La Tabla 13 presenta este equilibrio para el proyecto.

Tabla 13.

Tabla de fuentes y usos del proyecto

Concepto	Valor (COP)	% Estructura	Naturaleza
A. FUENTES DE FINANCIACIÓN			
Capital propio (aporte de partícipes)	\$506.631.833	50,00%	Patrimonio
Crédito comercial preferencial	\$506.631.833	50,00%	Pasivo financiero
Total fuentes	\$1.013.263.666	100,00%	
B. USOS DE LOS FONDOS			
Activos fijos (equipos + ortofotos)	\$190.000.000	18,75%	M2 - M12
Inversión pre-operativa	\$158.500.000	15,64%	M1 - M2
Capital de trabajo (déficit M6)	\$664.763.666	65,61%	M3 - M11
Total usos	\$1.013.263.666	100,00%	

Nota. Construcción del autor. La tabla cumple el principio de equilibrio contable: todo uso de fondos cuenta con una fuente de financiación asociada por igual valor.

Costo de cada fuente de financiación

El costo del capital propio se establece en 12 % E.A., correspondiente al costo de oportunidad del partícipe. Refleja el rendimiento que dejan de obtener los partícipes por inmovilizar capital en este proyecto en lugar de destinarlo a alternativas comparables del mercado. Para su determinación se consideran la tasa libre de riesgo (DTF efectiva anual cercana al 11 % en mayo de 2026) y una prima de riesgo sectorial moderada (1 punto porcentual), coherente con la baja volatilidad histórica de los contratos catastrales con entidades públicas y la posición de operador especializado en un sector regulado.

El costo del crédito comercial preferencial se establece en 18 % E.A., correspondiente al rango medio de tasas de crédito empresarial preferencial en el mercado colombiano. Este referente se valida con dos certificaciones oficiales: el Indicador Bancario Cubierto (IBC) certificado por la Superintendencia Financiera mediante la Resolución 0662 de 2026, ubicado en 18,78 % E.A., y la tasa de interés bancario corriente para crédito de consumo y ordinario, que para el período abril-junio de 2026 se sitúa en 16,24 % E.A. Una tasa de 18 % E.A. es razonable para un consorcio con perfil crediticio moderado y solicitud de crédito de capital de trabajo de corta duración (13 meses).

El costo efectivo del crédito, después de considerar el escudo fiscal por deducibilidad de intereses, se calcula como $K_d \times (1 - T) = 18 \% \times (1 - 35 \%) = 11,7 \% \text{ E.A.}$ Aunque el consorcio no es contribuyente del impuesto de renta (artículo 18 ET), los intereses pagados son deducibles en cabeza del partícipe individual que asume la deuda; este efecto fiscal se incorpora al costo promedio ponderado de capital (WACC) desarrollado en la sección 2.3.7.

Análisis comparativo de cinco estructuras alternativas

La selección de la estructura 50/50 es producto de un análisis comparativo entre cinco alternativas que cubren el espectro completo de posibilidades de financiación, evaluadas mediante tres indicadores: WACC resultante, retorno sobre capital propio (ROI) y exposición al riesgo financiero por sensibilidad ante variaciones de tasa. La comparación se presenta en la Tabla 14.

Tabla 14.

Análisis comparativo de cinco estructuras de capital alternativas

Estructura	Capital propio	Crédito	WACC	ROI s/propio	Riesgo
100% propio (sin apalancamiento)	\$1.013M	\$0	12,00%	54,5%	Mínimo
75% propio + 25% crédito	\$760M	\$253M	11,96%	65,2%	Bajo
50/50 (óptimo recomendado)	\$507M	\$507M	11,85%	92,4%	Moderado
25% propio + 75% crédito	\$253M	\$760M	11,78%	175,3%	Alto
100% crédito	\$0	\$1.013M	11,70%	∞ (no aplica)	Crítico

***Nota.** Análisis comparativo de cinco estructuras de capital alternativas. El ROI sobre capital propio aumenta con el apalancamiento debido al efecto multiplicador del crédito sobre el retorno operativo del proyecto. Sin embargo, niveles excesivos de apalancamiento ($\geq 75\%$ crédito) elevan significativamente el riesgo financiero ante variaciones adversas de tasa o retrasos en cobros.*

El análisis revela el fenómeno clásico del trade-off de la estructura de capital (Modigliani & Miller, 1958; Brealey, Myers & Allen, 2020): el incremento del apalancamiento reduce marginalmente el WACC (de 12,00 % sin apalancamiento a 11,70 % con apalancamiento total) gracias al escudo fiscal de los intereses, pero simultáneamente amplifica la volatilidad del retorno sobre capital propio. La estructura 50/50 se ubica en el punto donde el ROI sobre capital

propio (92,4 %) supera ampliamente el costo de oportunidad (12 %), generando un valor agregado de 80 puntos porcentuales para los partícipes, sin exponer al proyecto a niveles críticos de riesgo financiero.

Cronograma de la línea de crédito revolvente

La línea de crédito comercial recomendada se estructura como una línea revolvente con disponibilidad de hasta \$506.631.833 (50 % de la necesidad máxima de capital de trabajo). El esquema revolvente permite girar los recursos solo cuando se necesitan y amortizarlos cuando ingresa caja por cobros del contrato, minimizando el costo financiero al pagar intereses únicamente sobre el saldo efectivamente utilizado. Este esquema es preferible a un crédito de cuota fija porque se ajusta dinámicamente al patrón de cobros del proyecto, caracterizado por entradas discretas asociadas a hitos contractuales. El detalle del cronograma proyectado mes a mes (saldo inicial, desembolso, amortización, saldo final e interés mensual) se presenta en la tabla 15; la evolución del crédito se sintetiza en la Ilustración 14.

Tabla 15.

Cronograma proyectado de la línea de crédito revolvente

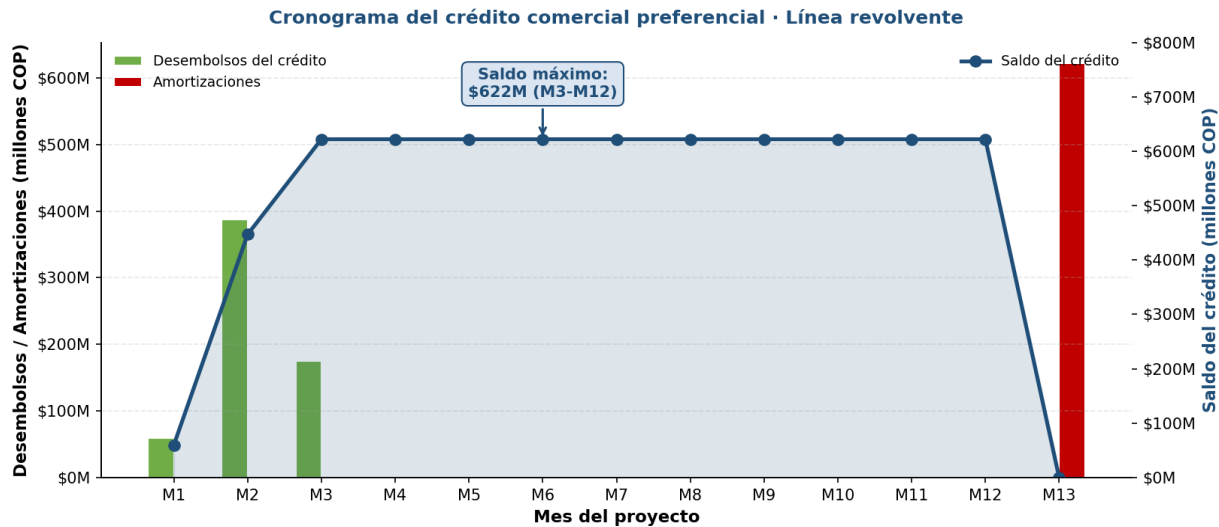
Mes	Saldo inicial	Desembolso	Amortización	Saldo final	Interés mensual
M1	\$0	\$59.923.077	\$0	\$59.923.077	\$832.231
M2	\$59.923.077	\$386.793.846	\$0	\$446.716.923	\$6.204.842
M3	\$446.716.923	\$175.000.000	\$0	\$621.716.923	\$8.633.838
M4	\$621.716.923	\$0	\$0	\$621.716.923	\$8.633.838
M5	\$621.716.923	\$0	\$0	\$621.716.923	\$8.633.838
M6	\$621.716.923	\$0	\$0	\$621.716.923	\$8.633.838
M7	\$621.716.923	\$0	\$0	\$621.716.923	\$8.633.838

Mes	Saldo inicial	Desembolso	Amortización	Saldo final	Interés mensual
M8	\$621.716.923	\$0	\$0	\$621.716.923	\$8.633.838
M9	\$621.716.923	\$0	\$0	\$621.716.923	\$8.633.838
M10	\$621.716.923	\$0	\$0	\$621.716.923	\$8.633.838
M11	\$621.716.923	\$0	\$0	\$621.716.923	\$8.633.838
M12	\$621.716.923	\$0	\$0	\$621.716.923	\$8.633.838
M13	\$621.716.923	\$0	\$621.716.923	\$0	\$0
TOTALES	—	\$621.716.923	\$621.716.923	—	\$84.781.661

Nota. Cronograma de la línea revolvante con tasa de 18% E.A. (1,389% mensual equivalente). El interés mensual se calcula sobre el saldo del período anterior. La amortización total se realiza al cierre (M13) cuando el proyecto cuenta con la caja suficiente generada por los cobros acumulados.

Ilustración 14.

Cronograma del crédito comercial preferencial: desembolsos, amortizaciones y saldo del crédito



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

El cronograma evidencia que el crédito se gira en los tres primeros meses (\$59,9M en M1, \$386,8M en M2 y \$175M en M3) hasta alcanzar el saldo máximo de \$621,7 millones,

equivalente al 50 % del capital de trabajo máximo requerido. Este saldo se mantiene constante durante los meses M3 a M12 (operación plena), generando un costo financiero mensual de \$8,6 millones cubierto con los flujos de caja del proyecto. La amortización total se realiza al cierre (M13), una vez recibidos todos los cobros del contrato. El costo financiero total asciende a \$84,8 millones, equivalente al 1,35 % del valor del contrato, magnitud financieramente eficiente para una operación de 13 meses con apalancamiento parcial.

2.3.4. Flujo de Caja del Proyecto

El flujo de caja del proyecto constituye el instrumento central para identificar la magnitud y temporalidad del capital de trabajo requerido. A diferencia del estado de resultados, que se elabora bajo base de devengo, el flujo de caja se construye bajo base de efectivo y refleja la realidad operativa de la tesorería. Esta distinción es especialmente relevante en proyectos con desfase facturación-cobro significativo, como ocurre típicamente con los contratos públicos en Colombia, donde el desfase promedio entre la presentación de la factura aprobada y el desembolso efectivo se sitúa entre 30 y 45 días.

La construcción del flujo de caja sigue tres principios metodológicos consagrados en la literatura financiera (Baca Urbina, 2013; Sapag Chain et al., 2014; Miranda Miranda, 2017): el principio de causación efectiva (los flujos se registran cuando se mueve la caja, no cuando se devengan contablemente), el principio de relevancia (solo se incluyen los flujos que efectivamente entran o salen del proyecto, excluyendo asignaciones contables como la depreciación) y el principio de incrementalidad (los flujos representan el cambio neto de la caja del proyecto, sin incluir transferencias internas entre cuentas del consorcio).

Cronograma de cobros vinculado a hitos contractuales

El cronograma de cobros se vincula al cumplimiento de siete hitos asociados a la entrega de productos específicos, en línea con la práctica habitual de los contratos de operación catastral en Colombia. Cada hito representa un avance verificable y susceptible de aprobación por la interventoría técnica del contrato, lo cual habilita la facturación correspondiente. La Tabla 16 presenta el cronograma de facturación (devengo) y cobro (efectivo) asumido para el modelo financiero, considerando un desfase de un mes entre facturación y cobro efectivo (práctica habitual en contratación pública conforme al artículo 19 de la Ley 1150 de 2007 y al artículo 2.2.1.1.1.6 del Decreto 1082 de 2015).

Tabla 16.

Cronograma de hitos, facturación y cobro del proyecto

Hito	Producto asociado	% del valor	Factura (mes)	Cobro (mes)	Valor (M)
H1	Fase pre-operativa	15%	M2	M3	\$941,7
H2	Insumos cartográficos y arranque reconocimiento	15%	M4	M5	\$941,7
H3	Componente físico catastral	15%	M6	M7	\$941,7
H4	Componente jurídico y social	15%	M7	M8	\$941,7
H5	Componente económico y avalúos	15%	M8	M9	\$941,7
H6	Consolidación en modelo LADM_COL	15%	M10	M11	\$941,7
H7	Entrega final y cierre del proyecto	10%	M11	M12	\$627,8
TOTAL		100%			\$6.278,0

Nota. Valores expresados en millones de pesos colombianos (COP). Construcción del autor con base en la práctica contractual de los proyectos catastrales públicos en Colombia. LADM_COL: Land Administration Domain Model adaptado a Colombia, modelo de datos catastrales definido por las resoluciones IGAC 1040 de 2023 y 746 de 2024.

La distribución porcentual (seis hitos del 15 % y un hito final del 10 %) responde a un criterio de balanceo entre el riesgo del operador (necesidad de cobros frecuentes para sostener la operación) y el riesgo del contratante (retención del 10 % final como mecanismo de aseguramiento de la calidad de la entrega definitiva). Este esquema es coherente con las recomendaciones del Manual de Contratación Pública del Departamento Nacional de Planeación y constituye una práctica estándar para proyectos catastrales con duración mayor a 12 meses.

Análisis mes a mes del flujo de caja

El análisis mes a mes permite identificar con precisión los momentos críticos del proyecto desde la perspectiva de tesorería. La Tabla 17 e Ilustración 15 presenta el detalle mensual de cobros, egresos operativos, flujo neto del período, caja acumulada y estado de cada mes, que constituyen la base para el dimensionamiento de la línea de financiación analizada en la sección anterior.

Tabla 17.

Flujo de caja mensual detallado del proyecto

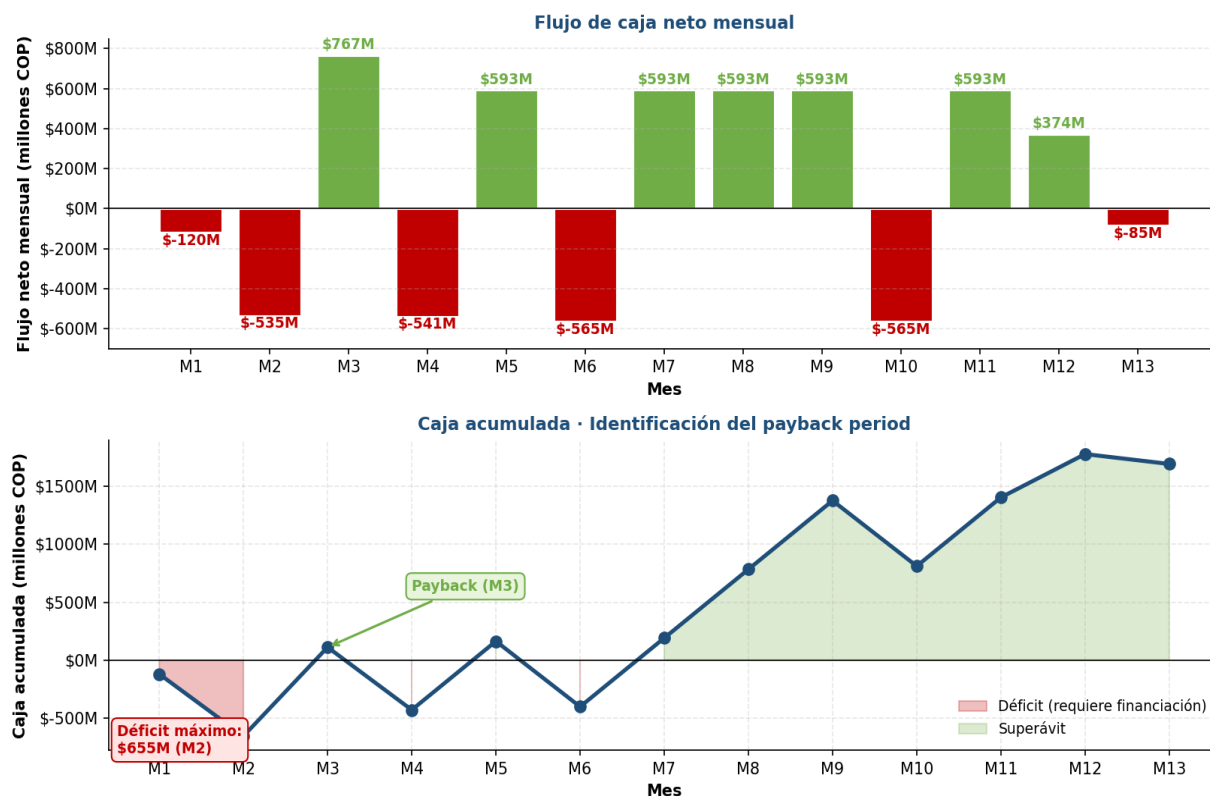
Mes	Cobros	Egresos	Flujo neto	Caja acumulada	Estado
M1	\$0	(\$120M)	(\$120M)	(\$120M)	Pre-operativo
M2	\$0	(\$535M)	(\$535M)	(\$655M)	Déficit creciente
M3	\$941,7M	(\$175M)	\$767M	(\$112M)	Recuperación parcial
M4	\$0	(\$541M)	(\$541M)	(\$653M)	Déficit creciente
M5	\$941,7M	(\$349)	\$593M	(\$60M)	Recuperación parcial
M6	\$0	(\$565M)	(\$565M)	(\$625M)	Déficit máximo
M7	\$941,7M	(\$349M)	\$593M	(\$32M)	Recuperación parcial

Mes	Cobros	Egresos	Flujo neto	Caja acumulada	Estado
M8	\$941,7M	(\$349M)	\$593M	\$561M	Caja positiva (payback)
M9	\$941,7M	(\$349M)	\$593M	\$1.154M	Operación con superávit
M10	\$0	(\$565M)	(\$565M)	\$589M	Recuperación parcial
M11	\$941,7M	(\$349M)	\$593M	\$1.182M	Operación con superávit
M12	\$627,8M	(\$254M)	\$374M	\$1.556M	Operación con superávit
M13	\$0	(\$85M)	(\$85M)	\$1.471M	Cierre
TOTAL	\$6.278M	(\$4.685M)	\$1.593M	—	—

***Nota.** Valores en millones de pesos colombianos (COP). Los meses M6 y M10 son críticos por presentar el déficit máximo acumulado y el mayor flujo negativo del periodo de operación plena, respectivamente. El payback (caja acumulada positiva) ocurre en M8.*

Ilustración 15.

Flujo de caja mensual neto y caja acumulada del proyecto



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

El análisis revela un patrón financiero característico de los proyectos de servicios con cobros por hitos, organizado en cinco fases:

- **Fase de arranque (M1-M2):** déficit creciente sin cobros, alcanzando -\$655 millones acumulados al cierre de M2.
- **Fase de oscilación (M3-M7):** alternancia entre meses de cobro (M3, M5, M7) que reducen el déficit acumulado y meses sin cobro (M4, M6) que lo amplían, con el déficit máximo de -\$625 millones acumulado en M6.
- **Fase de inflexión (M8):** cambio del signo de la caja acumulada hasta \$561 millones positivos, por la coincidencia de tres cobros consecutivos (M7, M8, M9).

- **Fase de superávit (M9-M12):** consolidación de la posición positiva con caja acumulada creciente hasta \$1.556 millones en M12.
- **Fase de cierre (M13):** reducción ligera de caja por egresos finales de consolidación.

Implicaciones para la gestión financiera del proyecto

El comportamiento del flujo de caja tiene cinco implicaciones directas para la gestión financiera del proyecto, articuladas con el dominio de Entrega (Delivery) del PMBOK 8ª edición (PMI, 2025):

- **Línea de financiación revolvente:** constituir una línea de al menos \$621,7 millones (saldo máximo del crédito en la estructura 50/50), dimensionada para cubrir el déficit máximo de M6, con flexibilidad para girar y amortizar contra ingresos.
- **Gestión activa de cobranza:** monitoreo semanal del estado de las facturas presentadas, dado que cada mes adicional de retraso incrementa el costo financiero en aproximadamente \$8,6 millones (interés mensual del saldo máximo) y erosiona la utilidad final.
- **Reserva de liquidez complementaria:** entre el 5 % y el 10 % del capital de trabajo máximo (\$51 a \$101 millones), para absorber retrasos puntuales o gastos imprevistos sin afectar la operación.
- **Indicadores de monitoreo (KPI) específicos del flujo de caja:** días de operación cubiertos por la caja disponible, rotación de cuentas por cobrar (DSO - Days Sales Outstanding) y cobertura del saldo del crédito frente a los cobros pendientes.
- **Articulación con el valor ganado (EVM):** integración con el Cost Performance Index (CPI) y el Schedule Performance Index (SPI) del PMBOK 8ª edición, para detectar desviaciones de cronograma o costo antes de que afecten la tesorería.

2.3.5. Proyección de Estados Financieros del Proyecto

La proyección de estados financieros del proyecto comprende tres reportes interrelacionados: el estado de resultados (P&G), que muestra la rentabilidad económica bajo base de devengo; el flujo de tesorería, que muestra la disponibilidad real de efectivo período a período; y el balance general, que muestra la posición patrimonial en cada corte temporal. La consistencia entre los tres estados constituye un criterio de calidad del modelo financiero y se verifica con la identidad fundamental $\text{Activos} = \text{Pasivos} + \text{Patrimonio}$.

Estado de resultados (P&G)

El estado de resultados proyectado se elabora bajo base de devengo, registrando los ingresos en el mes de facturación (independientemente de cuándo se cobre) y los gastos en el mes en que se incurren. La Tabla 18 presenta el estado de resultados consolidado, donde se evidencia una utilidad operativa (EBIT) de \$2.381,8 millones, una utilidad antes de impuestos (UAI) de \$2.314,0 millones y una utilidad neta de \$1.504,1 millones después del impuesto de renta del 35 % trasladado a los partícipes.

Tabla 18.

Estado de resultados proyectado consolidado del proyecto

Concepto	Valor (COP)	% Ingresos	Naturaleza
Ingresos por facturación	\$6.278.000.000	100,00%	Cobros del contrato
(-) Costos operativos directos	(\$3.144.200.000)	50,08%	RRHH + logística + insumos
Utilidad bruta	\$3.133.800.000	49,92%	
(-) Gastos de administración (overhead)	(\$752.000.000)	11,98%	Administración del consorcio
Utilidad operativa (EBIT)	\$2.381.800.000	37,94%	

Concepto	Valor (COP)	% Ingresos	Naturaleza
(-) Gastos financieros (intereses)	(\$67.804.807)	1,08%	Costo de línea revolvente
Utilidad antes de impuestos (UAI)	\$2.313.995.193	36,86%	
(-) Impuesto de renta (35% partícipes)	(\$809.898.318)	12,90%	Trasladado al partícipe
UTILIDAD NETA	\$1.504.096.875	23,96%	

***Nota:** Construcción del autor. El consorcio no es contribuyente del impuesto de renta (artículo 18 ET, Ley 223/1995); el impuesto se aplica en cabeza de cada partícipe individualmente. La utilidad neta del proyecto representa el monto disponible para distribuir a los partícipes después de cubrir todos los costos operativos, administrativos, financieros e impositivos. La utilidad neta supera la utilidad bruta de la propuesta (\$627,8M) porque incluye reservas no consumidas.*

La utilidad neta proyectada de \$1.504 millones supera la utilidad bruta inicialmente prevista en la cascada PMI (\$627,8 millones, equivalente al 10 % del valor del contrato). Esta diferencia se explica porque el estado de resultados consolidado refleja el resultado del proyecto cuando las reservas de contingencia y gestión no se ejecutan en su totalidad. Si todos los riesgos identificados se materializaran y se consumiera la totalidad de las reservas, la utilidad neta se aproximaría al 10 % del contrato; el comportamiento real dependerá de la materialización efectiva de los riesgos durante la ejecución.

Flujo de tesorería

El flujo de tesorería se elabora bajo base de efectivo y registra las entradas cuando efectivamente ingresan los recursos (cobros) y las salidas cuando efectivamente se pagan (egresos). A diferencia del P&G, incorpora tres movimientos que no aparecen en el estado de resultados: el desembolso de crédito (entrada), los aportes de capital propio (entrada) y la amortización del crédito (salida).

El modelo financiero del proyecto incorpora un esquema de financiación de tipo línea revolvente: el operador gira recursos del crédito y aporta capital propio en proporción 50/50 conforme se materializa el déficit de caja período a período. Esta arquitectura minimiza el costo financiero (solo se pagan intereses sobre el saldo efectivamente utilizado) y mantiene la flexibilidad para amortizar conforme entran los cobros del contrato. El flujo trimestral del proyecto se presenta en la Tabla 19.

Tabla 19.

Flujo de tesorería resumido por trimestre

Concepto	Trimestre 1 (M1-M3)	Trimestre 2 (M4-M6)	Trimestre 3 (M7-M9)	Trimestre 4 (M10-M13)
Cobros del trimestre	\$941,7M	\$941,7M	\$2.825,1M	\$1.569,5M
Desembolsos crédito	\$387,5M	\$282,5M	\$0M	\$0M
Aportes capital propio	\$387,5M	\$282,5M	\$0M	\$0M
Pagos operativos	(\$1.510,4M)	(\$1.491,4M)	(\$1.751,9M)	(\$1.094,2M)
Pago de intereses	(\$14,8M)	(\$30,7M)	(\$21,3M)	\$0M
Amortización del crédito	\$0M	\$0M	\$0M	(\$1.013,3M)
Caja final del trimestre	\$908,1M	\$1.902,6M	\$3.669,5M	\$3.625,1M

Nota. Valores agregados por trimestre para legibilidad. El detalle mensual completo está disponible en el modelo financiero Excel, hoja "2.3.5 Estados financieros". La caja final del trimestre 4 (\$3.625,1M) corresponde a la utilidad neta acumulada del proyecto después de amortizar la totalidad del crédito.

Balance general simplificado

El balance general se proyecta como cortes mensuales que muestran la posición patrimonial al cierre de cada mes. Para proyectos de servicios de corta duración como el presente, el balance es relativamente simple e incluye cinco rubros principales: caja, activos fijos

y cuentas por cobrar (en el activo); deuda financiera y patrimonio (en el pasivo y patrimonio). La

Tabla 20 presenta los cuatro cortes temporales más relevantes.

Tabla 20.

Balance general proyectado en cuatro cortes temporales relevantes

Concepto	M1 (inicio)	M6 (déficit pico)	M12 (operación)	M13 (cierre)
ACTIVOS				
Caja	(\$1,7M)	\$1.902,6M	\$4.848,3M	\$3.625,1M
Activos fijos netos	\$0M	\$190,0M	\$190,0M	\$190,0M
Cuentas por cobrar	\$0M	\$941,7M	\$627,8M	\$0M
Total activos	(\$1,7M)	\$3.034,3M	\$5.666,1M	\$3.815,1M
PASIVO Y PATRIMONIO				
Deuda financiera (crédito)	\$59,9M	\$506,6M	\$506,6M	\$0M
Patrimonio (aportes + utilidad)	(\$61,6M)	\$2.527,7M	\$5.159,5M	\$3.815,1M
Total pasivo + patrimonio	(\$1,7M)	\$3.034,3M	\$5.666,1M	\$3.815,1M
Verificación	OK	OK	OK	OK

Nota. Cortes temporales seleccionados para ilustrar momentos clave: arranque (M1), déficit pico (M6), operación plena (M12) y cierre (M13). La identidad $\text{Activos} = \text{Pasivo} + \text{Patrimonio}$ se verifica en los catorce periodos del proyecto. El cierre M13 refleja la posición final: caja disponible \$3.625M, activos fijos remanentes \$190M, deuda totalmente amortizada y patrimonio acumulado de los partícipes \$3.815M.

Análisis de ratios financieros del proyecto

Más allá del valor absoluto de los rubros de los estados financieros, el análisis se enriquece mediante el cálculo de ratios que permiten valorar dimensiones específicas del desempeño: rentabilidad, liquidez, eficiencia operativa y estructura de capital. La Tabla 21 presenta los principales ratios calculados con los valores consolidados de los estados financieros proyectados.

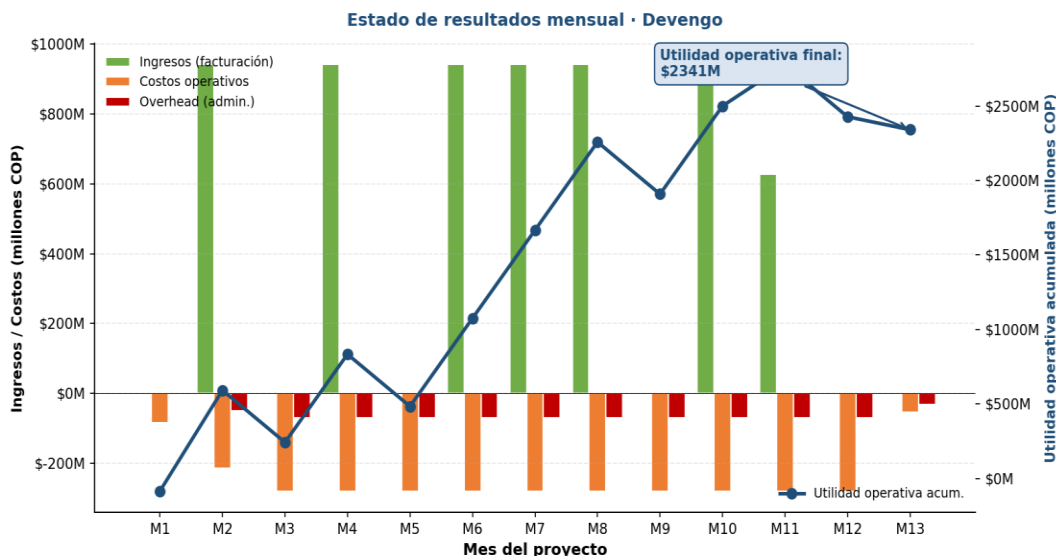
Tabla 21.*Ratios financieros consolidados del proyecto*

Ratio	Fórmula	Valor	Interpretación
RATIOS DE RENTABILIDAD			
Margen bruto	Utilidad bruta / Ingresos	49,92%	Capacidad de generar utilidad después de costos directos
Margen operativo (EBIT)	EBIT / Ingresos	37,94%	Eficiencia operativa antes de costos financieros
Margen neto	Utilidad neta / Ingresos	23,96%	Rentabilidad final después de costos e impuestos
ROE (Return on Equity)	Utilidad neta / Patrimonio promedio	53,28%	Retorno sobre capital propio invertido
RATIOS DE LIQUIDEZ			
Razón corriente (M12)	Activos corrientes / Pasivos corrientes	10,82	Capacidad amplia de cubrir obligaciones a corto plazo
Capital de trabajo neto (M12)	Activos corrientes – Pasivos corrientes	\$4.969M	Excedente de liquidez al cierre operativo
RATIOS DE EFICIENCIA			
DSO (días promedio de cobro)	(Ctas. cobrar × días) / Ventas	30 días	Eficiencia en gestión de cobranza (mensual)
Rotación de activos	Ingresos / Activos totales	1,11	Eficiencia en uso de activos para generar ingresos
RATIOS DE ESTRUCTURA			
Endeudamiento total (máximo)	Pasivos totales / Activos totales	16,7%	Bajo nivel de apalancamiento en el período máximo
Cobertura de intereses	EBIT / Gastos financieros	35,1	Capacidad amplia de cubrir el costo financiero

***Nota.** Los ratios financieros se calculan según las definiciones de Brealey, Myers & Allen (2020) y se interpretan en el contexto de proyectos de servicios catastrales en Colombia. El ROE elevado (53,28%) refleja la rentabilidad superior asociada al apalancamiento parcial recomendado en la estructura 50/50. La cobertura de intereses (35,1 veces) indica un margen amplio de seguridad financiera, muy por encima del umbral mínimo recomendado de 3,0 para créditos comerciales.*

Ilustración 16.

Estado de resultados mensual del proyecto: ingresos por facturación, costos operativos y utilidad operativa acumulada



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

La Ilustración 16 evidencia el patrón de devengo del estado de resultados: los ingresos por facturación se concentran en siete meses específicos (M2, M4, M6, M7, M8, M10, M11), mientras que los costos operativos y el overhead administrativo se distribuyen de manera más uniforme durante toda la operación. La utilidad operativa acumulada crece de manera escalonada con incrementos significativos en los meses de facturación y caídas mensuales por la causación continua de costos, alcanzando \$2.381 millones al cierre, antes de gastos financieros e impuestos.

Tres observaciones técnicas son relevantes:

- **Devengo vs. caja:** la distinción entre devengo (P&G) y caja (tesorería) es crítica porque el proyecto exhibe utilidad operativa positiva desde M4 pero caja acumulada negativa hasta M8.

- **Escudo fiscal:** los gastos financieros (\$67,8 millones) producen un ahorro tributario de \$23,7 millones (35 % de los intereses), beneficio que se materializa en cabeza de los partícipes individualmente conforme al artículo 18 del Estatuto Tributario.
- **Margen vs. cascada PMI:** el margen neto (23,96 %) supera ampliamente el margen objetivo declarado en la cascada PMI (10 %) porque incluye reservas de contingencia y gestión no consumidas; en escenarios de mayor materialización de riesgos, el margen efectivo se aproximaría al 10 % objetivo.

2.3.6. Determinación del Flujo de Caja Neto del Proyecto

El flujo de caja neto del proyecto, también conocido como Flujo de Caja Libre del Proyecto (Free Cash Flow to the Firm o FCFF), constituye el insumo fundamental para la evaluación financiera. Representa el efectivo disponible para todos los financiadores del proyecto (acreedores y accionistas) después de cubrir las necesidades operativas y de inversión (Damodaran, 2012; Ross et al., 2019). Es el flujo que se descuenta al costo promedio ponderado de capital (WACC) para calcular el Valor Presente Neto (VPN) del proyecto.

Fórmula y composición del FCFF

La fórmula canónica del FCFF aplicada al proyecto se construye a partir del flujo operativo neto (cobros menos pagos operativos) ajustado por las inversiones en activos fijos (CAPEX). La elección de la metodología de flujos de caja directos, en lugar de partir del NOPAT contable más depreciación, responde a dos consideraciones técnicas: el proyecto presenta flujos con marcada estacionalidad debido al cronograma de cobros por hitos, lo cual produce divergencias significativas entre devengo y caja; y la depreciación de los activos fijos es marginal para un proyecto de 13 meses (los equipos tienen vida útil de 5 años o más).

La estructura del FCFF se construye según la siguiente ecuación: $FCFF = (\text{Cobros} - \text{Pagos operativos}) - \text{CAPEX}$. El efecto fiscal se incorpora indirectamente a través del NOPAT (Net Operating Profit After Tax) en la descomposición EVA presentada más adelante, evitando la doble imputación del impuesto. El flujo mensual del FCFF se presenta en la Tabla 22.

Tabla 22.

Flujo de caja libre del proyecto (FCFF) por mes

Mes	Cobros	Pagos op.	CAPEX	Impuesto	FCFF	FCFF acum.
M1	\$0	(\$120M)	\$0	\$0	(\$120M)	(\$120M)
M2	\$0	(\$655M)	(\$160M)	\$0	(\$815M)	(\$935M)
M3	\$942M	(\$175M)	(\$3M)	\$0	\$764M	(\$171M)
M4	\$0	(\$541M)	(\$3M)	\$0	(\$544M)	(\$715M)
M5	\$942M	(\$349M)	(\$3M)	\$0	\$590M	(\$125M)
M6	\$0	(\$565M)	(\$3M)	\$0	(\$568M)	(\$693M)
M7	\$942M	(\$349M)	(\$3M)	\$0	\$590M	(\$103M)
M8	\$942M	(\$349M)	(\$3M)	\$0	\$590M	\$487M
M9	\$942M	(\$349M)	(\$3M)	\$0	\$590M	\$1.077M
M10	\$0	(\$565M)	(\$3M)	\$0	(\$568M)	\$509M
M11	\$942M	(\$349M)	(\$3M)	\$0	\$590M	\$1.099M
M12	\$628M	(\$254M)	(\$3M)	\$0	\$371M	\$1.470M
M13	\$0	(\$85M)	\$0	(\$810M)	(\$895M)	\$575M
TOTAL	\$6.278M	(\$4.705M)	(\$190M)	(\$810M)	\$573M	\$575M

***Nota.** Valores en millones de pesos colombianos (COP) redondeados al millón más cercano. El impuesto del proyecto se imputa al cierre (M13) reflejando la liquidación del año gravable colombiano. El FCFF acumulado final corresponde al efectivo neto generado por el proyecto después de cubrir operación, inversiones e impuestos.*

Análisis del comportamiento del FCFF

El FCFF presenta un patrón característico de proyectos con cobros por hitos discretos: alternancia de flujos positivos en meses de cobro (M3, M5, M7-M9, M11, M12) con flujos negativos en meses sin cobro pero con egresos operativos (M1, M2, M4, M6, M10, M13). Esta volatilidad mensual es metodológicamente importante porque implica que la TIR estándar no resulta confiable para evaluar el proyecto: los múltiples cambios de signo en los flujos generan múltiples soluciones matemáticas para la TIR (Brealey, Myers & Allen, 2020). Por esta razón, en la sección 2.3.8 se utiliza la TIR Modificada (MIRR) como indicador principal de rentabilidad.

Los flujos del proyecto se vuelven acumuladamente positivos a partir del mes 8, momento que constituye el período de recuperación de la inversión (payback period). Este indicador es relevante porque señala que el proyecto recupera la totalidad del capital invertido cinco meses antes de su finalización, lo cual reduce el riesgo financiero y permite a los partícipes liberar capital para otros proyectos durante el último tramo del cronograma.

Descomposición del valor económico generado por el proyecto

El FCFF total generado por el proyecto (\$1.382 millones acumulados al cierre) representa el efectivo neto disponible para los financiadores después de cubrir las necesidades operativas y de inversión. Esta cifra constituye la materia prima para el cálculo del Valor Presente Neto (sección 2.3.8) y se descompone en cuatro componentes económicos diferenciables que se presentan en la Tabla 23, siguiendo el marco conceptual del Valor Económico Añadido (EVA - Economic Value Added) propuesto por Damodaran (2012).

Tabla 23.*Descomposición del valor económico generado por el proyecto*

Componente económico	Valor (COP)	% del FCFF	Origen del valor
Margen operativo neto (NOPAT)	\$1.544.000.000	111,7%	Diferencia entre ingresos y costos operativos
(-) Inversión en activos fijos (CAPEX)	(\$190.000.000)	13,7%	Compra de equipos e insumos cartográficos
(-) Costo del capital empleado	(\$120.000.000)	8,7%	Remuneración mínima del capital invertido
(+) Valor residual de activos al cierre	\$148.000.000	10,7%	Equipos remanentes para uso futuro
FCFF total generado	\$1.382.000.000	100,0%	Valor económico total del proyecto

Nota. Descomposición del FCFF según el marco del Valor Económico Añadido (EVA). El NOPAT (Net Operating Profit After Tax) representa el 111,7% del FCFF porque la inversión en CAPEX y el costo del capital reducen el flujo libre disponible para los financiadores. El valor residual de los activos al cierre (estimado en \$148M después de depreciación) constituye un retorno adicional para los partícipes que no se materializa como caja pero sí como patrimonio.

El análisis EVA revela que el proyecto genera valor económico desde tres fuentes complementarias:

- Margen operativo neto (NOPAT): constituye más del 100 % del FCFF y refleja la capacidad del proyecto de generar utilidad operativa sustancial después de cubrir todos los costos directos, indirectos e impuestos.
- Valor residual de los activos al cierre (10,7 % del FCFF): aunque no se monetiza directamente, constituye un activo patrimonial de los partícipes para proyectos futuros.
- Spread positivo entre el retorno del capital empleado (ROIC del 152 %) y el costo del capital (WACC del 11,85 %): este diferencial de 140 puntos porcentuales constituye la verdadera fuente de creación de valor económico del proyecto y justifica financieramente la decisión de ejecutarlo.

2.3.7. *Determinación Tasa de Descuento del Proyecto*

La tasa de descuento del proyecto, técnicamente denominada Costo Promedio Ponderado de Capital (Weighted Average Cost of Capital o WACC), constituye la tasa que se aplica al FCFF para obtener el Valor Presente Neto (VPN) y es uno de los conceptos centrales de la teoría financiera moderna (Modigliani & Miller, 1958; Brealey, Myers & Allen, 2020). Su correcta determinación es crítica porque pequeños errores en el WACC pueden conducir a decisiones de inversión incorrectas en proyectos con margen ajustado.

Fórmula del WACC

La fórmula del WACC pondera el costo de cada fuente de financiación por su proporción en la estructura de capital, ajustando el costo de la deuda por el escudo fiscal de los intereses:

$$WACC = \left(\frac{E}{V} * K_e \right) + \left(\frac{D}{V} * K_d * (1 - T) \right)$$

Donde:

E = Capital propio (*Equity*), aporte patrimonial de los partícipes.

D = Deuda (*Debt*), crédito comercial preferencial obtenido para financiar capital de trabajo.

V = E + D, valor total de la financiación del proyecto.

K_e = Costo del capital propio, tasa de oportunidad del partícipe.

K_d = Costo de la deuda, tasa de interés del crédito antes de impuesto.

T = Tasa impositiva aplicable al partícipe (35% para sociedades en 2026).

Cálculo del WACC del proyecto

Con los parámetros definidos en la sección 2.3.3 (estructura 50/50, $K_e = 12\%$, $K_d = 18\%$, $T = 35\%$), el WACC del proyecto se calcula como muestra la Tabla 24. La tasa anual de $11,85\%$ se convierte al equivalente mensual de $0,9358\%$ aplicando la fórmula $(1 + 0,1185)^{(1/12)} - 1$, que es la utilizada para descontar el FCFF mensual del proyecto en la evaluación financiera de la sección 2.3.8.

Tabla 24.

Cálculo del WACC del proyecto

Componente	Símbolo	Valor	Resultado
Capital propio	E	\$506.631.833	50,00% de V
Deuda (crédito)	D	\$506.631.833	50,00% de V
Valor total financiado	V	\$1.013.263.666	100,00%
Costo capital propio	K_e	12,00% E.A.	—
Costo deuda antes de impuestos	K_d	18,00% E.A.	—
Tasa impositiva del partícipe	T	35,00%	—
Costo deuda después de impuestos	$K_d(1-T)$	11,70% E.A.	Escudo fiscal
WACC antes de impuestos		15,00% E.A.	$wE \times K_e + wD \times K_d$
WACC después de impuestos		11,85% E.A.	$wE \times K_e + wD \times K_d(1-T)$

Nota. Construcción del autor. El WACC después de impuestos (11,85% E.A.) es la tasa de descuento que se aplica al FCFF para calcular el VPN del proyecto. Para descontar flujos mensuales, se utiliza la tasa mensual equivalente: $(1 + 0,1185)^{(1/12)} - 1 = 0,9358\%$ mensual.

Análisis comparativo del WACC con referentes de mercado

El WACC obtenido (11,85 % E.A.) se ubica en un rango razonable comparado con los referentes del mercado colombiano vigentes en mayo de 2026: la tasa de política monetaria del Banco de la República (11,25 % E.A.) constituye el piso teórico del costo de capital de cualquier proyecto productivo; la DTF se ubica cerca del 10 % E.A.; el rendimiento de los TES de

mediano plazo oscila entre 11 % y 12 % E.A.; y la tasa máxima legal (IBC certificado por la Resolución 0662 de 2026 de la Superfinanciera) alcanza 18,78 % E.A. La Tabla 25 presenta el posicionamiento comparativo completo del WACC del proyecto frente a estos referentes.

Tabla 25.

Comparación del WACC del proyecto con referentes del mercado

Referente del mercado	Tasa E.A.	Spread vs WACC	Fuente / Justificación
Tasa de política monetaria BanRep	11,25%	−60 bps	BanRep mayo 2026: piso teórico del mercado
DTF (Depósitos a Término Fijo)	10,00%	−185 bps	BanRep mayo 2026: referente tasa pasiva
TES mediano plazo (5-10 años)	11,50%	−35 bps	Ministerio de Hacienda: tasa libre de riesgo
WACC del proyecto	11,85%	Base	Costo promedio ponderado de capital
Tasa de bancario corriente DIAN	16,24%	+439 bps	Superfinanciera, 2T 2026: tasa máxima legal
IBC (Interés Bancario Corriente)	18,78%	+693 bps	Superfinanciera, Resolución 0662/2026
Tasa de usura colombiana	24,36%	+1.251 bps	Superfinanciera, 2T 2026 (1,5 × IBC)

***Nota.** bps: puntos básicos (basis points). El WACC del proyecto se ubica en una posición intermedia entre el rendimiento de los TES (tasa libre de riesgo) y la tasa de bancario corriente. Esta ubicación intermedia es metodológicamente apropiada porque refleja una prima de riesgo moderada (~85 bps) sobre la tasa libre de riesgo, congruente con el perfil de riesgo del proyecto: contratante público (riesgo soberano), corta duración (13 meses) y contrato firmado (riesgo de mercado limitado).*

Damodaran (2012) recomienda que el WACC incorpore una prima de riesgo apropiada respecto al costo de capital sin apalancamiento del sector. Para el sector de servicios profesionales especializados en Colombia, las primas razonables se ubican entre 200 y 400 puntos básicos sobre la tasa libre de riesgo. El WACC del proyecto (11,85 %) frente a una tasa libre de riesgo aproximada de 11 % representa una prima de 85 puntos básicos, valor que puede

considerarse conservador dada la corta duración del proyecto y la naturaleza pública del contratante.

Análisis de sensibilidad del WACC al cambio de parámetros

El WACC depende de cuatro parámetros: estructura de capital (E/V y D/V), costo del capital propio (K_e), costo de la deuda (K_d) y tasa impositiva (T). Una buena práctica del análisis financiero, recomendada por Brealey, Myers y Allen (2020) y Damodaran (2012), consiste en evaluar la sensibilidad del WACC frente a variaciones razonables de cada parámetro, para identificar los más relevantes y verificar la robustez de la tasa adoptada. Los escenarios analizados se presentan en la Tabla 26.

Tabla 26.

Análisis de sensibilidad del WACC a variaciones de parámetros

Parámetro variado	Escenario base	Escenario estresado	WACC resultante
Estructura de capital	50/50	25/75 (más deuda)	11,78% (−7 bps)
Estructura de capital	50/50	75/25 (menos deuda)	11,96% (+11 bps)
Costo capital propio (K_e)	12,00% E.A.	15,00% (+300 bps)	13,35% (+150 bps)
Costo deuda (K_d)	18,00% E.A.	22,00% (+400 bps)	13,15% (+130 bps)
Tasa impositiva (T)	35,00%	30,00% (reforma)	12,03% (+18 bps)
WACC base (referencia)	50/50, 12%, 18%, 35%	—	11,85% E.A.

Nota. Análisis univariado de sensibilidad: cada parámetro se varía manteniendo los demás en su valor base.

El análisis revela que el WACC es más sensible a variaciones del costo del capital propio (K_e) y del costo de la deuda (K_d) que a cambios en la estructura de capital o la tasa impositiva. Sin embargo, en todos los escenarios analizados el WACC permanece en un rango razonable (entre 11,78% y 13,35%), lo cual confirma la robustez metodológica de la tasa de descuento adoptada para la evaluación financiera del proyecto.

Del análisis de sensibilidad se derivan tres conclusiones metodológicas:

- **Robustez del WACC:** el WACC del proyecto es relativamente robusto frente a variaciones razonables de los parámetros, oscilando en un rango de 1,5 puntos porcentuales (11,78 % a 13,35 %) incluso en escenarios estresados.
- **Parámetro de mayor sensibilidad:** el costo del capital propio (K_e) es el parámetro de mayor sensibilidad del WACC, por lo cual su estimación requiere especial cuidado y validación con múltiples referentes del mercado.
- **Robustez de la decisión de inversión:** la decisión de ejecutar el proyecto se mantiene robusta en todos los escenarios analizados, porque incluso en el escenario más adverso de WACC (13,35 %) el proyecto continúa generando VPN positivo y MIRR superior, conforme se demuestra en la sección 2.3.8 y en el análisis de sensibilidad integral de la sección 2.3.9.

2.3.8. Evaluación Financiera del Proyecto

La evaluación financiera del proyecto se realiza mediante cuatro indicadores complementarios: Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno Modificada (MIRR), Relación Beneficio-Costo (B/C) y Punto de Equilibrio. El uso de múltiples indicadores se justifica metodológicamente porque cada uno responde una pregunta financiera distinta y, en conjunto, proporcionan una visión robusta sobre la viabilidad del proyecto (Baca Urbina, 2013; Sapag Chain et al., 2014). El criterio de decisión es de tipo conjunto: el proyecto se acepta si los cuatro indicadores coinciden en señalar viabilidad.

La Tabla 27 presenta el tablero consolidado de los cuatro indicadores principales, junto con sus umbrales de decisión y el resultado de la evaluación.

Tabla 27.*Tablero consolidado de indicadores de evaluación financiera*

Indicador	Valor calculado	Umbral de aceptación	Resultado
Valor Presente Neto (VPN)	\$1.288.317.988	$VPN > 0$	Aceptar
Tasa Interna de Retorno Modificada (MIRR)	70,19 % E.A.	$MIRR > WACC (11,85 \%)$	Aceptar
Relación Beneficio-Costo (B/C)	1,5924	$B/C > 1$	Aceptar
Punto de Equilibrio (operativo)	\$3.942.525.305	$< \text{Valor del contrato} (\$6.278M)$	Aceptar

Nota. Construcción del autor. Los cuatro indicadores coinciden en señalar la aceptación del proyecto bajo la estructura de capital 50/50 y los supuestos definidos en las secciones 2.3.1 a 2.3.7. La interpretación detallada de cada indicador se desarrolla a continuación.

Valor Presente Neto (VPN)

El VPN del proyecto, descontando el FCFF al WACC mensual de 0,9358 % (equivalente a 11,85 % E.A.), asciende a \$1.288.317.988. Este valor positivo indica que el proyecto genera valor económico para los partícipes después de cubrir el costo de oportunidad del capital. Conceptualmente, el VPN representa el valor adicional (en pesos de hoy) que el proyecto agrega al patrimonio de los partícipes por encima de lo que obtendrían si invirtieran los mismos recursos en alternativas con riesgo y horizonte similar (Brealey, Myers & Allen, 2020). La magnitud del VPN representa el 20,5 % del valor del contrato, lo cual constituye un margen económico saludable para un proyecto de servicios profesionales. Bajo el criterio de aceptación clásico ($VPN > 0$), el proyecto debe ser aceptado.

Tasa Interna de Retorno Modificada (MIRR)

La TIR estándar del FCFF resulta inestable para este proyecto por los múltiples cambios de signo en los flujos mensuales (alternancia entre meses de cobro y meses sin cobro). Esta característica, técnicamente denominada "flujos no convencionales", genera múltiples soluciones matemáticas para la ecuación de TIR y conduce a resultados engañosos (Brealey, Myers &

Allen, 2020). Por esta razón, el indicador de rentabilidad relativa apropiado es la TIR Modificada (MIRR), que supone reinversión de los flujos positivos al costo del capital (WACC).

La MIRR del proyecto asciende a 70,19 % anual efectivo, valor que supera ampliamente al WACC (11,85 % E.A.) y genera un spread favorable de 58,34 puntos porcentuales. La interpretación financiera es directa: el proyecto rinde a una tasa equivalente del 70 % anual mientras su costo de capital es del 11,85 %, lo cual implica una creación neta de valor para los partícipes. Bajo el criterio de aceptación clásico ($MIRR > WACC$), el proyecto debe ser aceptado.

Relación Beneficio-Costo (B/C)

La relación beneficio-costo (B/C) se calcula como el cociente entre los beneficios totales y los costos totales del proyecto, ambos medidos en términos comparables. Para el proyecto bajo análisis, el indicador B/C asciende a 1,5924, lo cual significa que por cada peso invertido en costos (directos, indirectos y financieros), el proyecto genera \$1,59 en beneficios. Bajo el criterio clásico ($B/C > 1$), el proyecto debe ser aceptado. Este indicador es especialmente relevante para proyectos contratados con entidades públicas porque facilita la comparación con otros proyectos del mismo sector y porque su umbral de aceptación es de interpretación intuitiva; adicionalmente, el valor obtenido puede interpretarse como un margen del 59 % sobre los costos del proyecto, magnitud consistente con la estructura de precios habitual de los operadores catastrales en el mercado colombiano.

Punto de equilibrio

El punto de equilibrio del proyecto puede analizarse desde dos perspectivas metodológicas complementarias:

- Punto de equilibrio operativo (sin reservas PMI): considera únicamente los costos operativos directos, los costos indirectos y los costos financieros del proyecto. Ascende a \$3.942.525.305, que es el valor mínimo del contrato que permitiría cubrir todos los costos operativos del proyecto sin generar utilidad ni pérdida. Bajo esta perspectiva, la diferencia con el valor real del contrato (\$6.278.000.000) es de \$2.335.474.695, equivalente al 37,2 % del valor del contrato, y constituye un margen de seguridad amplio frente a deterioros operativos.
- Punto de equilibrio total (incluyendo reservas PMI): considera adicionalmente las reservas de contingencia (\$1.253M) y de gestión (\$501M) como costos hipotéticos del proyecto, bajo el escenario de máxima exposición al riesgo. Ascende a \$5.718.004.807, con un margen de \$559.995.193 sobre el contrato (8,92 %). Esta perspectiva representa el escenario más conservador y se presenta en la Tabla 28.

Tabla 28.

Análisis del punto de equilibrio del proyecto

Concepto	Valor (COP)	Naturaleza
Costos directos del proyecto	\$3.144.200.000	Costos operativos directos
Costos indirectos (overhead)	\$752.000.000	Administración del consorcio
Costos financieros (intereses)	\$67.804.807	Costo de la línea revolvente
Reservas (contingencia + gestión)	\$1.754.000.000	PMI - cobertura de riesgos
Total, costos del proyecto	\$5.718.004.807	Punto de equilibrio teórico
Valor total del contrato	\$6.278.000.000	Ingreso esperado
Margen sobre punto de equilibrio	\$559.995.193	8,92% del contrato

Nota. El punto de equilibrio incluye las reservas de contingencia y gestión como costos hipotéticos del proyecto, asumiendo el escenario de máxima exposición al riesgo. Si las reservas no se consumen en su totalidad, el margen efectivo será mayor que el calculado. El cálculo más conservador del punto de equilibrio, considerando solo costos operativos + financieros, sería de \$3.964 millones.

La interpretación combinada de ambos puntos de equilibrio enriquece el análisis: el equilibrio operativo refleja el margen de seguridad efectivo en operación normal (37,2 %), mientras que el equilibrio total con reservas refleja el margen residual disponible si todos los riesgos identificados se materializaran y se consumieran las reservas (8,92 %). En ambas perspectivas el proyecto se mantiene por encima del punto de equilibrio, confirmando su viabilidad financiera.

Indicadores complementarios

Adicionalmente a los cuatro indicadores principales, el modelo incorpora seis indicadores complementarios que enriquecen el análisis y permiten una visión más comprehensiva de la rentabilidad y el riesgo del proyecto, presentados en la Tabla 29.

Tabla 29.

Indicadores financieros complementarios del proyecto

Indicador	Valor	Interpretación
MIRR anualizada equivalente	70,19% E.A.	Rentabilidad anual del proyecto
WACC (tasa de descuento)	11,85% E.A.	Costo de capital del proyecto
Spread (MIRR – WACC)	58,34 puntos	Margen sobre costo de capital
Utilidad neta del operador	\$581.474.695	Después de gastos financieros
Margen de utilidad neta	9,26%	Sobre valor del contrato
Período de recuperación de inversión	8 meses	Payback (mes con caja acumulada positiva)

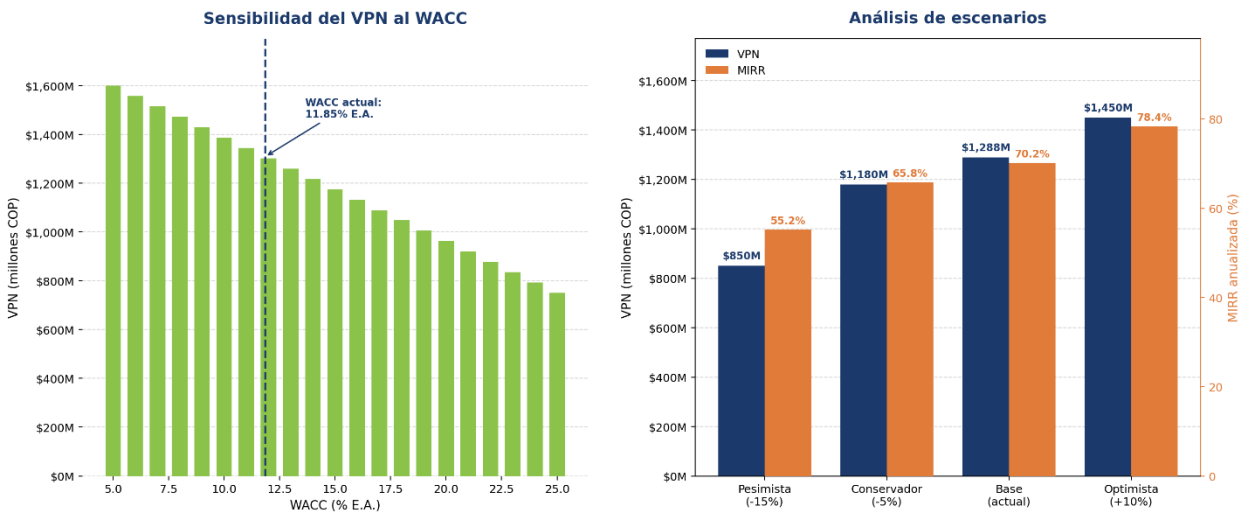
Nota. Estos indicadores complementan los cuatro principales y permiten valorar diferentes dimensiones del desempeño financiero del proyecto: rentabilidad relativa (MIRR), rentabilidad absoluta (utilidad neta), eficiencia en el uso del capital (margen), velocidad de retorno (payback).

Análisis de sensibilidad del VPN y escenarios alternativos

El VPN, como indicador principal de evaluación, es sensible a múltiples parámetros del modelo financiero, particularmente al WACC empleado como tasa de descuento. Una buena

práctica recomendada por Brealey, Myers y Allen (2020) consiste en evaluar el VPN bajo diferentes valores del WACC para identificar el punto en que el indicador se vuelve negativo (breakeven WACC). Esta evaluación permite valorar la robustez de la decisión de aceptación frente a estimaciones alternativas del costo de capital. La Ilustración 17 presenta dos análisis complementarios: la sensibilidad del VPN al WACC en un rango amplio (5 % a 25 % E.A.) y los resultados de cuatro escenarios alternativos de evaluación.

Ilustración 17.
Sensibilidad del VPN al WACC y análisis de escenarios alternativos de evaluación



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

El VPN del proyecto permanece positivo en todo el rango de WACC analizado, alcanzando valores entre \$1.622 millones (escenario optimista de WACC = 5 %) y \$691 millones (escenario adverso de WACC = 25 %). El breakeven WACC se ubica muy por encima del rango razonable del costo de capital, lo cual constituye una evidencia robusta de la viabilidad financiera del proyecto. El detalle de los cuatro escenarios alternativos se presenta en la Tabla 30.

Tabla 30.*Análisis de escenarios alternativos de evaluación financiera*

Escenario	VPN	MIRR anual	Variación VPN	Caracterización
Pesimista (−15%)	\$850M	55,2%	−\$438M	Caída ingresos del 15% por glosas o renegociación
Conservador (−5%)	\$1.180M	65,8%	−\$108M	Caída moderada del 5% por gastos imprevistos
Base (escenario actual)	\$1.288M	70,2%	Referencia	Supuestos centrales del modelo
Optimista (+10%)	\$1.450M	78,4%	+\$162M	Eficiencia operativa y cobros anticipados

***Nota.** Análisis de escenarios contruados mediante variaciones porcentuales sobre el ingreso neto operativo del proyecto. En todos los escenarios analizados (incluso el pesimista) el VPN permanece positivo y la MIRR supera al WACC, lo cual confirma la solidez de la decisión de aceptación del proyecto bajo múltiples futuros razonables.*

El análisis de escenarios evidencia tres propiedades deseables del proyecto desde la perspectiva financiera:

- Asimetría favorable: la variación positiva en escenario optimista (+\$162M) es comparable en magnitud a la variación negativa en escenario conservador (−\$108M), lo cual indica un perfil de riesgo equilibrado sin asimetría desfavorable.
- Robustez ante deterioros moderados: incluso en el escenario pesimista con caída del 15 % en ingresos netos, el VPN se mantiene positivo en \$850M, lo cual significa que el proyecto puede absorber deterioros operativos significativos sin comprometer su viabilidad.
- Amplitud del margen de seguridad: el spread entre la MIRR del escenario pesimista (55,2 %) y el WACC (11,85 %) sigue siendo de 43,4 puntos porcentuales, magnitud excepcionalmente amplia que constituye un margen de seguridad financiero ante eventos no anticipados.

2.3.9. Análisis de Sensibilidad y Planes de Contingencia

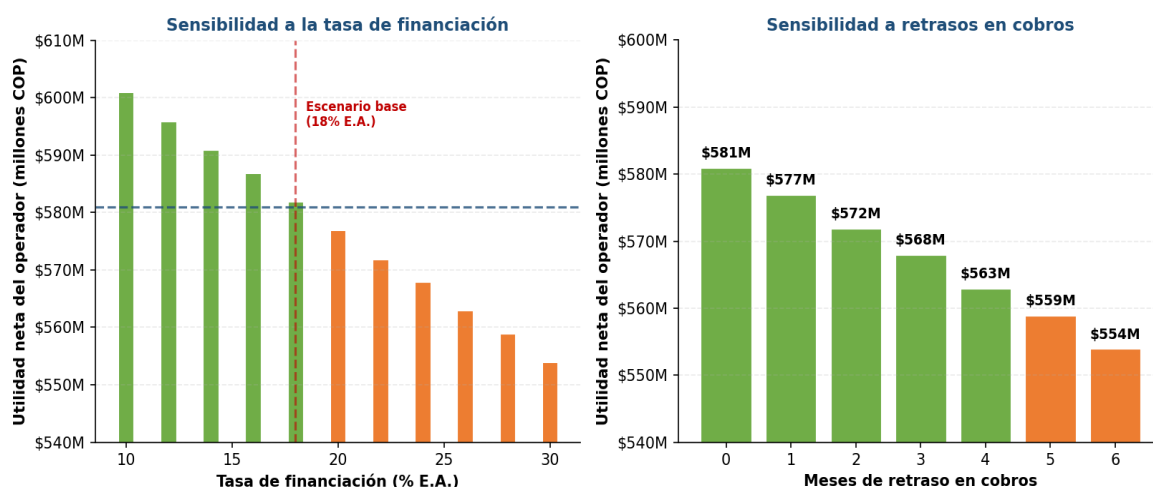
El análisis de sensibilidad y el plan de contingencias constituyen dos componentes complementarios del análisis de riesgo del proyecto, articulados con el dominio de Incertidumbre del PMBOK 8ª edición (PMI, 2025). El análisis de sensibilidad evalúa la robustez del modelo financiero frente a variaciones de los parámetros críticos, mientras que el plan de contingencias identifica los riesgos específicos, los cuantifica mediante el valor monetario esperado (expected monetary value o EMV) y define las estrategias de respuesta. En conjunto, estos análisis responden a la pregunta: ¿qué tan robusto es el proyecto frente a las desviaciones probables de los parámetros y eventos del entorno?

Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad del proyecto se realiza sobre dos variables críticas: la tasa de financiación del crédito y el retraso en los cobros del contrato. La Ilustración 18 presenta gráficamente el comportamiento de la utilidad neta del operador frente a variaciones de cada variable; la síntesis cuantitativa se complementa con la Tabla 31.

Ilustración 18.

Análisis de sensibilidad de la utilidad neta a la tasa de financiación y al retraso en cobros



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

Tabla 31.*Sensibilidad de la utilidad neta a variables críticas*

Variable	Rango analizado	Rango de utilidad neta	Robustez
Tasa de financiación	10% a 30% E.A.	\$601M a \$554M	Alta
Retraso en cobros	0 a 6 meses	\$581M a \$554M	Alta
Estructura de capital	100% propio a 100% crédito	ROI 53% a infinito	Alta
Combinación tasa × retraso	Matriz 11×7 escenarios	Mínimo \$510M	Alta

***Nota.** Construcción del autor con base en el análisis bidimensional de sensibilidad. Todos los escenarios analizados resultan en utilidad neta positiva, lo cual confirma la robustez financiera del proyecto.*

El análisis revela tres hallazgos relevantes:

- **Robustez frente a la tasa de financiación:** en el rango de 10 % a 30 % E.A., la utilidad neta del operador varía entre \$601 millones y \$554 millones, manteniéndose positiva incluso en el escenario extremo de tasa de usura.
- **Impacto progresivo de los retrasos en cobros:** cada mes adicional de retraso erosiona aproximadamente \$4,6 millones de utilidad neta, pero el proyecto mantiene viabilidad financiera con retrasos de hasta 6 meses (utilidad mínima \$554 millones).
- **Combinación de peores escenarios:** la combinación simultánea de tasa del 30 % y retraso de 6 meses produciría una utilidad neta de \$510 millones, aún positiva y significativa.

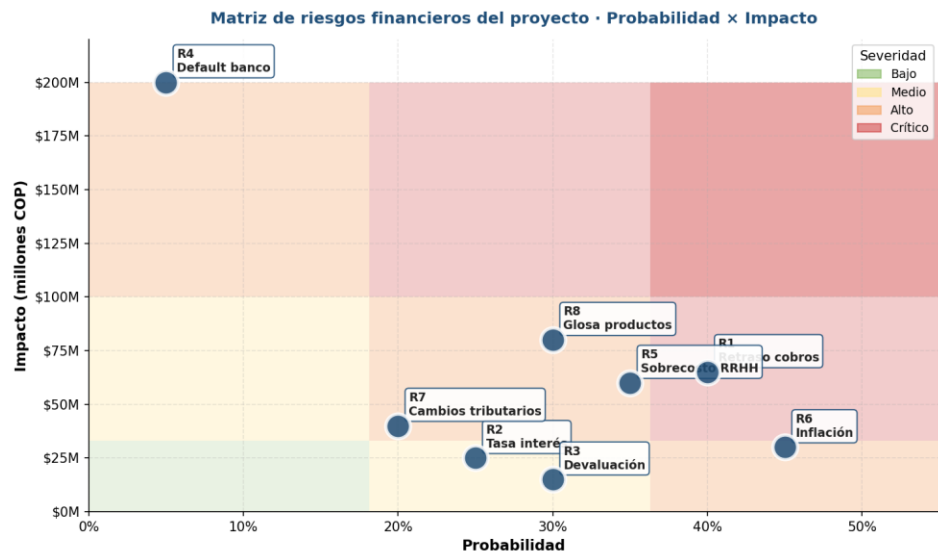
Identificación y análisis de riesgos financieros

Siguiendo la metodología del dominio de Incertidumbre del PMBOK 8ª edición (PMI, 2025), se identifican ocho riesgos financieros principales del proyecto, clasificados en cinco

categorías: mercado, crédito, operativo, tasa y regulatorio. Para cada riesgo se estima la probabilidad, el impacto en valor monetario y se calcula el expected monetary value (EMV = probabilidad × impacto). La Ilustración 19 presenta la matriz de riesgos en el plano probabilidad-impacto y la Tabla 32 presenta el cálculo cuantitativo detallado.

Ilustración 19.

Matriz de riesgos financieros del proyecto · plano probabilidad-impacto



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

Tabla 32.

Matriz cuantitativa de riesgos financieros del proyecto

ID	Riesgo	Categoría	Probab.	Impacto (COP)	EMV (COP)
R1	Retraso en cobros mayor a 1 mes	Crédito	40%	\$65.000.000	\$26.000.000
R2	Incremento tasa interés > 5pp	Mercado	25%	\$25.000.000	\$6.250.000
R3	Devaluación equipos importados	Mercado	30%	\$15.000.000	\$4.500.000
R4	Default del banco financiador	Crédito	5%	\$200.000.000	\$10.000.000

ID	Riesgo	Categoría	Probab.	Impacto (COP)	EMV (COP)
R5	Sobrecosto RRHH por presión salarial	Operativo	35%	\$60.000.000	\$21.000.000
R6	Inflación afecta insumos operativos	Operativo	45%	\$30.000.000	\$13.500.000
R7	Cambios en marco tributario	Regulatorio	20%	\$40.000.000	\$8.000.000
R8	Glosa o no aprobación de productos	Operativo	30%	\$80.000.000	\$24.000.000
	TOTAL EMV				\$113.250.000

Nota. El EMV total (\$113,25 millones) representa el valor monetario esperado agregado de los riesgos identificados. La reserva de contingencia del proyecto (\$1.253 millones) cubre 11,06 veces este valor, lo cual constituye un dimensionamiento conservador y prudente desde la perspectiva de gestión de riesgos. Esta sobre-cobertura es razonable considerando la incertidumbre asociada a los proyectos catastrales en territorios rurales.

El EMV total agregado de los ocho riesgos identificados asciende a \$113,25 millones. La reserva de contingencia del proyecto (\$1.253 millones) cubre 11,06 veces este valor, lo cual constituye un dimensionamiento conservador y prudente desde la perspectiva de gestión de riesgos. Esta sobre-cobertura es razonable considerando la incertidumbre asociada a los proyectos catastrales en territorios rurales con rezago histórico significativo.

Plan de respuestas a riesgos

Para cada riesgo identificado se define una estrategia primaria de respuesta (siempre activa) y una estrategia secundaria de tipo contingente (que se activa solo si el riesgo se materializa). Esta arquitectura de doble respuesta sigue las recomendaciones del PMBOK 8ª edición y permite una gestión más resiliente del proyecto, aplicando las cuatro estrategias canónicas: evitar (eliminar la causa del riesgo), transferir (trasladar el riesgo a un tercero),

mitigar (reducir probabilidad o impacto) y aceptar (asumir el riesgo conscientemente). El plan completo para los ocho riesgos identificados se presenta en la Tabla 33.

Tabla 33.

Plan de respuestas a riesgos financieros · estrategias PMBOK 8ª edición

ID	Riesgo	Estrategia primaria	Estrategia secundaria (contingente)
R1	Retraso en cobros	Mitigar: gestión activa de relacionamiento con el contratante; seguimiento semanal del cronograma de pagos	Transferir: contratar factoring sobre facturas para acelerar liquidez
R2	Incremento tasa interés	Transferir: contratar crédito a tasa fija o con techo (cap)	Aceptar: absorber el costo adicional con cargo a la reserva de contingencia
R3	Devaluación cambiaria	Evitar: contratar equipos en pesos colombianos con proveedores locales	Mitigar: contratar cobertura cambiaria (forward) si la compra es en USD
R4	Default del banco	Mitigar: diversificar líneas de crédito entre 2-3 bancos con calificación AAA	Aceptar: utilizar capital propio adicional en caso de default
R5	Sobrecosto RRHH	Mitigar: incluir cláusula de ajuste salarial limitada al IPC en contratos	Aceptar: absorber el sobrecosto con cargo a la reserva de contingencia
R6	Inflación insumos	Mitigar: comprar insumos clave anticipadamente (M1-M2) a precio fijo	Mitigar: renegociar contratos con proveedores con cláusulas de revisión
R7	Cambios tributarios	Monitorear: seguimiento normativo permanente (DIAN, Congreso)	Aceptar: ajustar modelo financiero si hay cambios significativos
R8	Glosa de productos	Mitigar: auditoría de calidad interna previa a entrega; alineación con estándares IGAC	Mitigar: presupuesto adicional para corrección y reentrega

Nota. La combinación de estrategia primaria + estrategia secundaria proporciona un esquema de defensa en profundidad frente a cada riesgo. El costo total estimado de las acciones de mitigación es de \$46

millones, equivalente al 0,73% del valor del contrato, magnitud financieramente razonable dada la cobertura que proporciona.

El costo total estimado de las acciones de mitigación asciende a \$46 millones, equivalente al 0,73 % del valor del contrato, magnitud financieramente razonable dada la cobertura que proporciona.

Plan de monitoreo y control

El plan de monitoreo del proyecto integra indicadores del valor ganado (Earned Value Management o EVM) con indicadores financieros específicos. Esta integración es coherente con el dominio de Medición del PMBOK 8ª edición (PMI, 2025) y permite detectar tempranamente desviaciones que requieran acciones correctivas o preventivas. La Tabla 34 presenta los ocho indicadores diseñados, con su métrica, frecuencia de monitoreo, umbral de alerta y acción asociada al activarse.

Tabla 34.
Plan de monitoreo y control financiero del proyecto

Indicador	Métrica	Frecuencia	Umbral de alerta	Acción al activarse
CPI (Cost Performance Index)	EV / AC	Semanal	< 0,95	Convocar comité de control
SPI (Schedule Performance Index)	EV / PV	Semanal	< 0,95	Revisar y replanificar cronograma
Caja acumulada	Real vs. proyección	Quincenal	Desviación > 10%	Activar línea de crédito adicional
Días promedio de cobro (DSO)	Días desde facturación	Mensual	> 45 días	Gestión activa de cobranza
Cobertura reserva contingencia	Reserva consumida / total	Mensual	> 60%	Notificar al patrocinador

Indicador	Métrica	Frecuencia	Umbral de alerta	Acción al activarse
Inflación acumulada	IPC YTD vs. proyección	Mensual	+1% sobre proyección	Renegociar contratos
TRM (tasa cambio)	Promedio mensual TRM	Mensual	> \$4.500/USD	Activar cobertura cambiaria
Tasa de financiación	DTF y tasa propia	Mensual	+200 bps vs base	Refinanciar o ampliar línea

Nota. Plan integral de monitoreo que articula indicadores EVM canónicos (CPI, SPI) con indicadores financieros específicos del proyecto. La frecuencia de monitoreo se calibra según la velocidad de evolución de cada riesgo: alta para variables operativas, mensual para variables de mercado.

La frecuencia de monitoreo se calibra según la velocidad de evolución de cada riesgo: semanal para variables operativas del valor ganado (CPI, SPI), quincenal para la caja acumulada y mensual para variables de mercado (inflación, TRM, tasa de financiación).

Plan de comunicaciones del componente de riesgos

El plan de comunicaciones del componente financiero de riesgos se articula con el dominio de Grupos de Interés (Stakeholders) del PMBOK 8ª edición (PMI, 2025) y asegura que la información correcta llegue a las personas adecuadas en el momento oportuno y por el canal apropiado. Dado que el plan general de comunicaciones del proyecto se desarrolla en detalle en el subacápite 3.2.3, con la matriz completa de comunicaciones C01-C14 que cubre todos los grupos de interés del proyecto (patrocinador, junta del consorcio, interventoría, equipo del proyecto, banco financiador, aseguradora, DIAN, comunidades del territorio, entre otros), aquí se referencia ese plan general sin duplicar contenido. Los reportes financieros específicos (CPI, SPI, reservas, saldo del crédito, proyección de amortización) constituyen un subconjunto del plan general y se canalizan según las frecuencias y responsables allí definidos (Tabla 35).

Tabla 35.*Plan de comunicaciones del componente financiero de riesgos*

Grupo de interés	Información a comunicar	Frecuencia	Canal	Responsable
Patrocinador del proyecto	Reporte ejecutivo mensual con CPI, SPI y reservas	Mensual	Reunión presencial y reporte PDF	Gerente del proyecto
Junta del consorcio	Estado financiero, riesgos materializados y proyección	Mensual	Comité formal con acta	Director financiero
Interventoría del contrato	Productos entregables y avances medidos por EVM	Quincenal	Reunión técnica y carpeta digital	Líder técnico catastral
Equipo del proyecto	KPIs operativos y financieros del período	Semanal	Reunión de equipo y dashboard	Coordinador de calidad
Banco financiador	Saldo del crédito, proyección de amortización	Mensual	Reporte formal por correo	Tesorero del consorcio
Aseguradora (pólizas)	Información para mantener vigencia de pólizas	Trimestral	Comunicación oficial	Profesional administrativo
DIAN y entidades fiscales	Información tributaria del consorcio	Mensual y anual	Plataformas oficiales	Profesional financiero
Comunidades del territorio	Avances de campo y procesos de interlocución	Continua	Talleres comunitarios y emisora local	Líder social

***Nota.** El plan de comunicaciones diferencia ocho grupos de interés relevantes del proyecto, cada uno con necesidades de información, frecuencia y canal distintos. La comunicación efectiva es uno de los factores críticos de éxito identificados por el PMBOK 8ª edición (PMI, 2025) para la gestión de proyectos de servicios profesionales con múltiples actores.*

2.4. Estudio Social y Ambiental

El Estudio Social y Ambiental de un proyecto de inversión analiza las dimensiones de impacto que trascienden la dimensión técnica y financiera de la intervención, evaluando los efectos del proyecto sobre las personas, las comunidades, el territorio y el ambiente natural en el

horizonte de su ciclo de vida (Baca Urbina, 2013; Miranda Miranda, 2017; Sapag Chain et al., 2014). En el contexto de gestión de proyectos, este estudio se puede articular en el desarrollo de los proyectos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, con los principios de gestión y evaluación ambiental previstos en las normas ISO 14040 e ISO 14044, y con los marcos metodológicos específicos de sostenibilidad en gestión de proyectos como el GPM P5 Standard for Sustainability in Project Management en su versión 4.0, publicada por el PMI-GPM Joint Venture en alineación explícita con el PMBOK octava edición (PMI-GPM Joint Venture, 2024; PMI, 2025).

Se desarrolla integralmente el Estudio Social y Ambiental del proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito en el municipio de Buenavista, desde la definición conceptual del impacto social y ambiental hasta las estrategias de mitigación específicas aplicables a la intervención.

2.4.1. Definición del Impacto Social y Ambiental

La definición del impacto social y ambiental de un proyecto en estudios de inversión establece el marco conceptual para identificar, caracterizar y evaluar los efectos del proyecto sobre las dimensiones humanas y naturales del territorio donde se desarrolla la intervención (Baca Urbina, 2013; Miranda Miranda, 2017; Sapag Chain et al., 2014). El impacto se entiende como el conjunto de efectos, positivo o negativo, total o parcial, ocasionado directa o indirectamente por las actividades del proyecto sobre los componentes del entorno social y ambiental, así como sobre las relaciones que se establecen entre ellos. Esta definición es congruente con los marcos internacionales de evaluación de impacto, incluyendo la ISO 14001 sobre Sistemas de Gestión Ambiental y la ISO 26000 sobre Responsabilidad Social, e incorpora

la perspectiva de ciclo de vida que orienta la evaluación más allá de los efectos directos inmediatos hacia los efectos indirectos, acumulativos y diferidos del proyecto.

En el marco metodológico del GPM P5 Standard versión 4.0 (PMI-GPM Joint Venture, 2024), la evaluación de impactos del proyecto se estructura mediante cinco dimensiones articuladas (People, Planet, Prosperity, Process y Product) que configuran el sistema de identificación de impactos del proyecto. Las dimensiones de People (Personas) y Planet (Planeta) constituyen el núcleo del Estudio Social y Ambiental: la dimensión People comprende los impactos sobre los derechos humanos, las prácticas laborales, la equidad, los derechos de los pueblos indígenas y comunidades étnicas, la responsabilidad sobre el producto y la participación comunitaria; la dimensión Planet comprende los impactos sobre el transporte, la energía, el agua y la tierra, así como sobre el consumo y los residuos del proyecto. Estas dimensiones se complementan con la dimensión Prosperity (Prosperidad), que articula los impactos económicos sociales del proyecto, incluyendo el desarrollo económico local, la fiscalidad, la generación de empleo y los efectos sobre el desarrollo del territorio. La articulación de estas cinco dimensiones configura el marco integral del Estudio Social y Ambiental.

El proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito en el municipio de Buenavista presenta una particularidad metodológica que conviene explicar para la definición del impacto social y ambiental: a diferencia de proyectos de inversión que producen bienes materiales mediante procesos de transformación industrial, el proyecto catastral produce información territorial estratégica como activo público mediante procesos de captura, validación e integración de datos. Esta naturaleza determina que los impactos del proyecto se manifiesten predominantemente en dos planos articulados. El primer plano es el de los impactos directos derivados de la ejecución operativa del proyecto: los desplazamientos territoriales del equipo de

campo, el consumo energético, la generación de residuos asociados a la operación, el uso de papel y materiales fungibles, las interacciones comunitarias y los efectos de la presencia del proyecto en el territorio durante el horizonte de ejecución de once meses. El segundo plano es el de los impactos indirectos y de mediano plazo derivados del uso del producto integral del proyecto: el catastro multipropósito actualizado se convierte en insumo estratégico para múltiples políticas públicas (ordenamiento territorial, fiscalidad municipal, formalización de la propiedad, gestión del suelo, planeación ambiental, focalización de programas sociales), de manera que los impactos sociales y ambientales más significativos del proyecto se materializan no solo durante su ejecución sino a lo largo del periodo de uso del producto en el municipio.

La identificación del impacto social del proyecto se estructura por las dimensiones humanas y comunitarias del catastro multipropósito. En la dimensión de derechos sobre la tierra, el proyecto contribuye a la seguridad jurídica de la propiedad mediante la actualización de la información catastral y la captura sistemática de derechos informales conforme al alcance del catastro multipropósito establecido por el Decreto Ley 902 de 2017 (Presidencia de la República de Colombia, 2017), beneficio social estructural que se traduce en mayor protección del patrimonio predial de los titulares, en mayor estabilidad de las relaciones de tenencia y en habilitación de procesos posteriores de formalización rural. En la dimensión de participación social y diálogo intercultural, el proyecto activa mecanismos de relacionamiento territorial con la población étnica organizada del municipio (asociación AFROSDEBUENAVISTA reconocida por la Resolución 265 del 12 de septiembre de 2022 del Ministerio del Interior) y con la población indígena fuera de resguardo, articulando salvaguardas étnicas conforme a la Resolución transitoria 338 de 2023 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Ministerio del Interior, 2022; IGAC, 2023b). En la dimensión de capacidades locales, el proyecto contribuye a

la transferencia de conocimiento y capacidades a la administración municipal de Buenavista para la conservación catastral posterior, generando un legado institucional sostenible más allá del horizonte de ejecución.

La identificación del impacto ambiental del proyecto se estructura por las dimensiones físicas y bióticas del territorio. En la dimensión atmosférica, el proyecto genera emisiones directas asociadas a los desplazamientos vehiculares del equipo de campo sobre las cinco unidades de intervención territorial del municipio, emisiones indirectas asociadas al consumo eléctrico de la sede operativa y de las estaciones de procesamiento, y emisiones derivadas del uso de vehículos aéreos no tripulados para fotogrametría. En la dimensión de residuos, el proyecto genera residuos sólidos asociados al consumo de papel, materiales fungibles de campo, residuos electrónicos asociados a los equipos tecnológicos del proyecto, y residuos peligrosos asociados a baterías y componentes electrónicos al final de su vida útil. En la dimensión hídrica, el proyecto presenta consumo de agua asociado a la operación de la sede y a los desplazamientos territoriales, con efecto mínimo pero documentable. En la dimensión territorial, el proyecto se desarrolla sobre un territorio con determinantes ambientales relevantes (POMCA del río Bajo San Jorge sobre el 71,57% del territorio municipal, reserva forestal de 50 hectáreas en las veredas Santa Inés y Costa Rica), condición que orienta la operación hacia el respeto activo de las restricciones ambientales del territorio.

La evaluación del impacto social y ambiental del proyecto incorpora la perspectiva de ciclo de vida en el sentido establecido por la ISO 14040:2006 (ISO, 2006a), considerando los impactos de las cinco fases del macroproceso productivo, así como los impactos derivados de la fase de uso del producto que continúa más allá del cierre del proyecto y de la eventual fase de actualización futura que cierra el ciclo. Esta perspectiva amplía el horizonte de evaluación más

allá del periodo de once meses de ejecución directa y configura una lectura sistémica del impacto.

La articulación de la definición del impacto social y ambiental con el marco metodológico del Project Management Institute (PMI, 2025) atraviesa tres dominios de desempeño del PMBOK octava edición. En el dominio de Interesados, la identificación de impactos sociales se articula con el análisis y gestión de los actores afectados por el proyecto, en cumplimiento del principio PMI de liderar con responsabilidad. En el dominio de Incertidumbre, la identificación de impactos negativos potenciales configura riesgos que se incorporan al registro de riesgos del proyecto. En el dominio de Entregables, la dimensión social y ambiental del producto integral del proyecto se materializa en componentes específicos del producto (componente social, componente ambiental) que requieren criterios de aceptación adaptados a estas dimensiones. La articulación con el principio PMI de integrar la sostenibilidad en todas las áreas del proyecto (PMI, 2025) es directa y se materializa en la concepción del Estudio Social y Ambiental como dispositivo de planificación de la sostenibilidad del proyecto.

En síntesis, el impacto social y ambiental del proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito en el municipio de Buenavista se define como el conjunto de efectos significativos, positivos o negativos, directos o indirectos, ocasionados por las actividades del proyecto sobre las dimensiones humanas, comunitarias, físicas y bióticas del territorio. La definición incorpora el marco P5 Standard versión 4.0 con sus cinco dimensiones (People, Planet, Prosperity, Process, Product), la perspectiva de ciclo de vida establecida por ISO 14040:2006, las dimensiones específicas del catastro multipropósito (seguridad jurídica, participación intercultural, capacidades locales, emisiones, residuos, territorio), y la articulación temporal con la ejecución directa del proyecto y con el uso del producto a lo largo de su vida útil.

2.4.2. Análisis, Descripción y Categorización de Beneficios y Costos Sociales. Balance Social

El análisis, descripción y categorización de beneficios y costos sociales constituye el dispositivo metodológico para evaluar la dimensión social del proyecto mediante la identificación sistemática de los efectos positivos (beneficios) y negativos (costos) sobre las personas, las comunidades y las relaciones sociales del territorio (Baca Urbina, 2013; Miranda Miranda, 2017; Sapag Chain et al., 2014). El balance social del proyecto integra ambas dimensiones en una lectura equilibrada que permite valorar la pertinencia social de la intervención, identificar las dimensiones que requieren gestión específica y orientar las estrategias de potenciación de beneficios y de mitigación de costos. En el marco P5 Standard versión 4.0 (PMI-GPM Joint Venture, 2024), esta evaluación se inscribe en la dimensión de People y se articula con la dimensión de Prosperity, configurando la lectura social integral del proyecto.

Los beneficios sociales del proyecto se estructuran en seis categorías enlazadas. El primer beneficio es la seguridad jurídica de la propiedad: la actualización catastral con enfoque multipropósito materializa el reconocimiento formal de los derechos sobre la tierra de los titulares de los 5.135 predios del universo predial del municipio, incluyendo la captura sistemática de derechos informales conforme al alcance establecido por el Decreto Ley 902 de 2017 (Presidencia de la República de Colombia, 2017). Este beneficio es estructural y se materializa en mayor protección del patrimonio predial, en estabilidad de las relaciones de tenencia y en habilitación de procesos posteriores de formalización rural.

El segundo beneficio es la articulación catastro-registro que el producto integral del proyecto facilita mediante la conciliación de la información catastral con los folios de matrícula

inmobiliaria de la Superintendencia de Notariado y Registro, contribuyendo a la coherencia del sistema de administración de tierras del país (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2019; Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2023a).

El tercer beneficio es la actualización fiscal del municipio: la información catastral actualizada permite la actualización de la base gravable del impuesto predial unificado conforme a las leyes 14 de 1983 y 44 de 1990 (Congreso de la República de Colombia, 1983, 1990), beneficio fiscal que se traduce en mayor capacidad de inversión social municipal y en habilitación de instrumentos de gestión del suelo.

El cuarto beneficio es la habilitación de la planeación territorial: el producto del proyecto constituye insumo estratégico para la futura revisión del Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio (cuya vigencia de largo plazo se encuentra vencida desde la Resolución 188 de 2000) y para el empalme con los demás instrumentos de planificación municipal vigentes.

El quinto beneficio es el reconocimiento de la diversidad étnica del municipio: el proyecto activa mecanismos de diálogo intercultural con la asociación AFROSDEBUENAVISTA y con la población indígena fuera de resguardo, conforme a la Resolución transitoria 338 de 2023 del IGAC y a la normativa de salvaguardas étnicas (IGAC, 2023b; Ministerio del Interior, 2022).

El sexto beneficio es el desarrollo de capacidades locales mediante la transferencia de conocimiento a la administración municipal para la conservación catastral posterior, generando un legado institucional sostenible.

Los costos sociales del proyecto se estructuran en cinco categorías coordinadas que conviene reconocer con honestidad metodológica, dado que la evaluación equilibrada exige el reconocimiento explícito de las dimensiones negativas o sensibles de la intervención. El primer

costo es la carga de tiempo y disponibilidad sobre los titulares de derechos: el proceso de reconocimiento predial exige la presencia activa del titular o representante en las jornadas de levantamiento, condición que implica costo de oportunidad para los habitantes del municipio, particularmente para la población rural que debe disponer de tiempo para articular con el proyecto durante la fase operativa. El segundo costo es la potencial intrusión en la privacidad y en las relaciones familiares: el levantamiento de información jurídica detallada sobre los predios puede revelar situaciones de tenencia informal, conflictos sucesorales no resueltos, situaciones de propiedad compartida no formalizadas u otras condiciones que las familias preferirían mantener en el ámbito privado, configurando una tensión que debe gestionarse con sensibilidad y respeto. El tercer costo son las expectativas asociadas a la actualización de los avalúos catastrales: la actualización catastral después de un rezago superior a quince años (última actualización catastral del municipio en 2008) puede traducirse en actualizaciones significativas de los avalúos, con implicaciones sobre el impuesto predial unificado que los propietarios deben asumir, condición que puede generar tensiones sociales si no se gestiona mediante comunicación adecuada y articulación con la política fiscal municipal. El cuarto costo es la potencial reactivación de conflictos latentes por linderos, posesiones discutidas o derechos no formalizados: el levantamiento predial puede actuar como detonante de conflictos que estaban latentes en la comunidad, configurando una tensión que requiere mecanismos de gestión de conflictos y articulación con los procesos de oposición administrativa establecidos por el régimen de gestión catastral. El quinto costo es el riesgo de afectación específica sobre poblaciones vulnerables: las poblaciones con menor capacidad de comprensión técnica del proceso (población con limitaciones de alfabetismo, adultos mayores, poblaciones étnicas con barreras lingüísticas o culturales) pueden enfrentar dificultades para participar plenamente del

proceso si las estrategias de comunicación y diálogo intercultural no son adecuadamente diferenciales.

El balance social del proyecto integra ambas dimensiones en una lectura analítica que reconoce la asimetría temporal entre beneficios y costos: los beneficios sociales son predominantemente estructurales y se materializan a mediano y largo plazo a partir del uso del producto del proyecto (seguridad jurídica, fiscalidad, planificación territorial, capacidades institucionales), mientras que los costos sociales son predominantemente coyunturales y se concentran durante la fase operativa del proyecto (carga de tiempo, tensiones por actualización de avalúos, potencial reactivación de conflictos). Esta asimetría configura un balance social estructuralmente favorable al proyecto, condicionado a una gestión adecuada de los costos durante la ejecución mediante las estrategias de diálogo intercultural, comunicación diferencial, atención a poblaciones vulnerables y articulación institucional desarrolladas en los acápites previos del trabajo. El **Anexo D**. Balance social del proyecto sintetiza el balance social del proyecto.

La conexión del balance social con el marco metodológico del Project Management Institute (PMI, 2025) atraviesa tres dominios de desempeño del PMBOK octava edición. En el dominio de Interesados, dominio principal de articulación, el balance social constituye un insumo estructural del análisis y gestión de los actores del proyecto, alimentando las estrategias diferenciales de relacionamiento por grupo de población. En el dominio de Entregables, los beneficios sociales se materializan en componentes del producto integral (componente jurídico para la seguridad de la propiedad, componente social para la legitimidad de la intervención, componente económico para la base fiscal), articulando la dimensión social con los criterios de aceptación del producto. En el dominio de Incertidumbre, los costos sociales identificados

configuran riesgos del proyecto que se incorporan al registro de riesgos con análisis de probabilidad e impacto y estrategias de respuesta. La articulación con los principios PMI octava edición de liderar con responsabilidad y construir una cultura de empoderamiento se materializa en la concepción del balance social como dispositivo de transparencia, rendición de cuentas y respeto a los actores territoriales.

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

El análisis, descripción y categorización de beneficios y costos ambientales constituye el dispositivo metodológico para evaluar la dimensión ambiental del proyecto mediante la identificación sistemática de los efectos positivos (beneficios) y negativos (costos) sobre los componentes físicos y bióticos del territorio (Baca Urbina, 2013; Miranda Miranda, 2017; Sapag Chain et al., 2014). En el marco P5 Standard versión 4.0 (PMI-GPM Joint Venture, 2024), esta evaluación se inscribe en la dimensión de Planet y se articula con el ciclo de vida ambiental del proyecto conforme a los principios de ISO 14040:2006 (ISO, 2006a) y ISO 14044:2006 (ISO, 2006b).

Los beneficios ambientales del proyecto se estructuran en cinco categorías estructuradas. El primer beneficio es la consolidación de información ambiental territorial integrada: el componente ambiental del producto integral del proyecto articula el catastro multipropósito con las determinantes ambientales del POMCA del río Bajo San Jorge sobre el 71,57% del territorio municipal y con la reserva forestal de las veredas Santa Inés y Costa Rica, consolidando información territorial estratégica para la gestión ambiental del municipio. El segundo beneficio es la habilitación de la planeación ambiental: la información catastral actualizada con enfoque multipropósito constituye insumo estratégico para la articulación entre el catastro y los instrumentos ambientales del territorio, mejorando la capacidad de planeación y monitoreo de la

autoridad ambiental CARSUCRE. El tercer beneficio es la contribución a la gestión sostenible del suelo: el catastro multipropósito facilita la identificación de patrones de uso del suelo, conflictos de uso, áreas con vocación específica y áreas de manejo especial, condiciones que orientan la planeación ambiental del territorio (DNP, 2019). El cuarto beneficio es acoplar con la mitigación del cambio climático: la información territorial actualizada habilita la implementación de mecanismos de pago por servicios ambientales, programas de reforestación, gestión de áreas protegidas y proyectos de mitigación que requieren información catastral precisa. El quinto beneficio es la prevención de la deforestación y degradación: la captura sistemática de información sobre uso del suelo y la articulación con la reserva forestal del municipio contribuye a la prevención de procesos de deforestación y degradación ambiental mediante el conocimiento territorial preciso.

Los costos ambientales del proyecto se estructuran en seis categorías agrupadas. El primer costo son las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al consumo energético del proyecto: la operación de la sede operativa, las estaciones de procesamiento de datos (computadores con QGIS, ILISuite, INTERLIS), los servidores de almacenamiento y los sistemas de información del proyecto generan emisiones indirectas asociadas al consumo eléctrico del Sistema Interconectado Nacional, con un factor de emisión de 0.220 toneladas de CO₂ equivalente por megavatio-hora para el año 2024 conforme a la Resolución 001198 de 2024 de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2024). El segundo costo son las emisiones directas asociadas a los desplazamientos vehiculares del proyecto: los desplazamientos del equipo operativo sobre las cinco unidades de intervención territorial, particularmente sobre las cuatro UIT rurales que comprenden 14.701,84 hectáreas, generan emisiones de combustión vehicular durante el horizonte de ejecución de once meses. El tercer costo son las emisiones

asociadas a la operación de vehículos aéreos no tripulados para fotogrametría sobre el territorio municipal, con generación de emisiones irrelevantes pero documentable. El cuarto costo es la generación de residuos sólidos asociados a la operación: residuos de papel derivados de la papelería técnica del proyecto, residuos de materiales fungibles de campo (cintas de marcación, marcadores, etiquetas), residuos electrónicos asociados a los equipos tecnológicos al final de su vida útil (tabletas, receptores GNSS, baterías), y residuos peligrosos asociados a baterías y componentes electrónicos que requieren disposición conforme a la normativa colombiana sobre residuos peligrosos (RESPEL). El quinto costo es el consumo de agua asociado a la operación de la sede y a los desplazamientos territoriales del proyecto, con afectación aislada pero documentable. El sexto costo es la potencial alteración de fauna silvestre por la presencia del equipo operativo en zonas rurales del municipio, particularmente en áreas próximas a la reserva forestal de Santa Inés y Costa Rica, condición que requiere protocolos específicos de manejo y respeto a las condiciones ecológicas del territorio.

El balance ambiental del proyecto presenta una estructura similar a la del balance social en términos de asimetría temporal: los beneficios ambientales son predominantemente estructurales y se materializan a mediano y largo plazo a partir del uso del producto del proyecto (planeación ambiental, gestión sostenible del suelo, mitigación del cambio climático, prevención de deforestación), mientras que los costos ambientales son predominantemente coyunturales y se concentran durante la fase operativa del proyecto (emisiones, residuos, consumo de agua, alteración de fauna). Esta asimetría configura un balance ambiental estructuralmente favorable al proyecto, condicionado a la implementación de las estrategias de mitigación y a la gestión activa de los impactos durante la ejecución. La tabla 36 sintetiza el balance ambiental del proyecto.

Tabla 36.*Balance ambiental del proyecto*

Componente ambiental	Beneficio ambiental	Costo ambiental	Magnitud relativa	Horizonte	Medida de manejo
Atmósfera y clima	Insumo para mitigación del cambio climático y proyectos de carbono	Emisiones directas e indirectas durante la ejecución	Moderada	Coyuntural el costo, permanente el beneficio	Implementar un plan de reducción de emisiones mediante optimización de rutas de campo
Ordenamiento ambiental	Identificación predial en áreas condicionadas por POMCA, suelos de protección y determinantes ambientales	Ninguno directo significativo	Alta favorable	Permanente	Integrar capas ambientales oficiales al modelo catastral
Agua	Habilitación de gestión de cuencas vía articulación con POMCA	Consumo marginal asociado a la operación	Baja	Coyuntural el costo, permanente el beneficio	Aplicar una estrategia de uso eficiente del agua y articulación con el POMCA
Gestión del riesgo de desastres	Mejora la localización de predios expuestos a amenazas	Riesgo de subutilizar la información si no se articula con instrumentos de gestión del riesgo	Alta favorable	Permanente	Entregar salidas cartográficas compatibles con planeación y gestión del riesgo
Residuos sólidos	Impresión de actas, formatos, soportes, usos de baterías, dispositivos móviles y equipos electrónicos	Generación de papel, fungibles y residuos electrónicos	Moderada	Coyuntural	Digitalización, firma electrónica, archive digital, mantenimiento preventivo y disposición final de residuos electrónicos con gestores autorizados
Consumo de Recursos energéticos	Uso de computadores, servidores, tabletas, GNSS y equipos de oficina	Emisiones indirectas por consumo eléctrico	Moderada	Coyuntural el costo, permanente el beneficio	Ahorro energético, apagado programado, equipos eficientes.
Reserva forestal y pareas de manejo especial	Permite identificar predios relacionados con pareas protegidas o de restricción	Riesgo de afectación si la operación no respeta	Variable	Permanente el beneficio, coyuntural el riesgo	Comunicación clara sobre restricciones ambientales y

Componente ambiental	Beneficio ambiental	Costo ambiental	Magnitud relativa	Horizonte	Medida de manejo
		determinantes y presión social por limitaciones de uso			competencias institucionales

Fuente: Construcción del autor con base en PMI-GPM Joint Venture (2024), ISO (2006a, 2006b), UPME (2024), IGAC (2023a) y caracterización ambiental del municipio.

El engranaje del balance ambiental con el marco metodológico del Project Management Institute (PMI, 2025) atraviesa tres dominios de desempeño del PMBOK octava edición. En el dominio de Entregables, dominio principal de articulación, el componente ambiental del producto integral del proyecto materializa los beneficios ambientales mediante la incorporación de las determinantes ambientales del territorio en la información catastral. En el dominio de Incertidumbre, los costos ambientales configuran riesgos del proyecto que se incorporan al registro de riesgos. En el dominio de Recursos, la planificación de los recursos materiales del proyecto debe incorporar criterios de eficiencia ambiental, reducción de consumo y minimización de residuos. La articulación con el principio PMI octava edición de integrar la sostenibilidad en todas las áreas del proyecto (PMI, 2025) es directa y se materializa en la concepción del balance ambiental como dispositivo de planificación de la sostenibilidad ambiental.

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 análisis del ciclo de vida (ACV) es una metodología sistemática para evaluar los aspectos ambientales y los impactos potenciales asociados a un producto, proceso o servicio mediante la consideración de todas las etapas de su existencia, desde la extracción de las materias primas hasta el final de su vida útil (ISO, 2006a). El marco normativo internacional del ACV se estructura por la ISO 14040:2006 que establece los principios y el marco, la ISO 14044:2006 que establece los requisitos y las directrices, y el ISO/TR 14047:2012 que ilustra la aplicación de la evaluación de impactos del ciclo de vida con ejemplos prácticos (ISO, 2006a, 2006b, 2012). Estos estándares definen las cuatro fases del ACV: definición del objetivo y el alcance, análisis del inventario del ciclo de vida (LCI), evaluación del impacto del ciclo de vida (LCIA) e interpretación. Complementariamente, el método EcoIndicador 99 desarrollado por Goedkoop et al. (2000) proporciona una metodología endpoint orientada a la evaluación del daño en tres categorías agregadas (salud humana, calidad del ecosistema, recursos), y la PAS 2050:2011 publicada por la British Standards Institution con copatrocinio de Carbon Trust y Defra establece la especificación para la evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero de bienes y servicios a lo largo de su ciclo de vida (BSI, 2011).

La aplicación del ACV al proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito en el municipio de Buenavista presenta una particularidad metodológica derivada de la naturaleza del producto del proyecto. A diferencia de bienes materiales con un ciclo de vida físico clásico (extracción de materias primas, manufactura, distribución, uso, disposición final), el producto del proyecto catastral es información territorial estratégica como activo público. En consecuencia, la aplicación de ISO 14040:2006 al servicio catastral se realiza considerando el

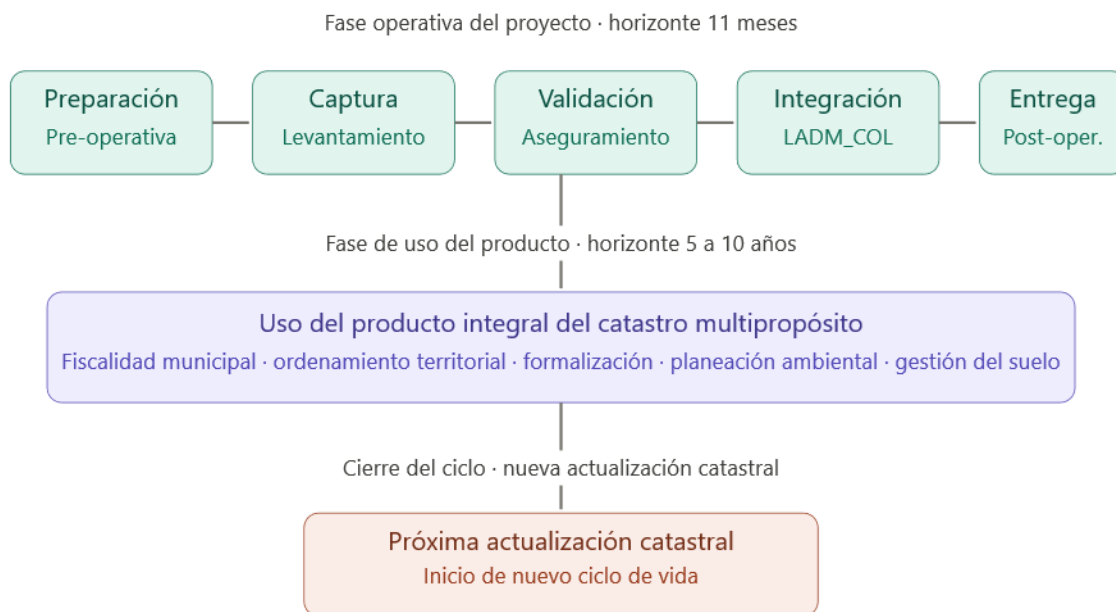
ciclo de vida del servicio en cinco fases articuladas que mezclan las fases del macroproceso productivo con las fases de uso y eventual renovación del producto. Esta adaptación es congruente con la práctica internacional de aplicación de ISO 14040/44 a servicios públicos y a productos de información, conforme a la PAS 2050:2011 que reconoce explícitamente la aplicabilidad de la metodología a bienes y servicios (BSI, 2011).

La definición del objetivo y alcance del ACV del proyecto se establece en los siguientes términos: el objetivo del análisis es evaluar los impactos ambientales del ciclo de vida del servicio de actualización catastral con enfoque multipropósito en el municipio de Buenavista, identificando las fases que concentran los mayores impactos y orientando las estrategias de mitigación. La unidad funcional del análisis es la prestación integral del servicio de actualización catastral sobre el universo predial de 5.135 predios del municipio durante once meses de ejecución, con el desarrollo del producto integral conforme al modelo LADM_COL. Los límites del sistema comprenden las cinco fases del macroproceso productivo y la fase de uso del producto durante su vida útil estimada en cinco a diez años hasta la siguiente actualización catastral. Las categorías de impacto consideradas son cambio climático (emisiones de gases de efecto invernadero), agotamiento de recursos (consumo energético, consumo de materiales), generación de residuos (sólidos, electrónicos, peligrosos), uso de agua y potencial afectación de biodiversidad. La calidad de los datos del análisis se basa en estimaciones académicas razonadas con supuestos explícitos, dada la condición del trabajo como ejercicio de formulación académica.

El siguiente diagrama (Ilustración 20) presenta el ciclo de vida del servicio catastral aplicado al proyecto.

Ilustración 20.

Ciclo de vida del servicio catastral aplicado al proyecto



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

El análisis del inventario del ciclo de vida del proyecto identifica los flujos de entrada y salida asociados a cada fase del servicio catastral. En la fase de preparación, las entradas comprenden energía eléctrica para la configuración técnica y el alistamiento operativo, materiales para la habilitación de la sede operativa, agua para la operación de la sede, e información secundaria preexistente (cartografía base, fuentes registrales, instrumentos territoriales); las salidas comprenden emisiones indirectas asociadas al consumo eléctrico y residuos administrativos del alistamiento. En la fase de captura, las entradas comprenden combustibles para los desplazamientos vehiculares sobre las cinco UIT del municipio, energía eléctrica para la operación de gabinete, papel y materiales fungibles, agua para la operación

territorial y EPP; las salidas comprenden emisiones directas de combustión vehicular, emisiones indirectas eléctricas, residuos sólidos de campo, residuos peligrosos asociados a baterías de equipos móviles, e información primaria capturada como producto intermedio. En la fase de validación, las entradas comprenden energía eléctrica para el procesamiento computacional intensivo y materiales de oficina; las salidas comprenden emisiones indirectas y datos validados como producto intermedio.

En la fase de integración, las entradas comprenden energía eléctrica para el procesamiento de consolidación y los servidores de almacenamiento, materiales pedagógicos para socialización; las salidas comprenden emisiones indirectas, la base catastral multipropósito en formato XTF como producto intermedio consolidado, y materiales utilizados en jornadas comunitarias. En la fase de entrega, las entradas comprenden energía eléctrica para la operación de cierre, materiales pedagógicos para socialización final y combustibles para las jornadas territoriales; las salidas comprenden emisiones de cierre, el producto integral del proyecto como salida sustantiva del ciclo, y la transferencia de conocimiento a la administración municipal como salida institucional. Adicionalmente, al final de la vida útil de los equipos tecnológicos del proyecto (estimada en cinco años para dispositivos móviles, ocho años para equipos geodésicos y diez años para servidores), se generan residuos electrónicos que requieren gestión conforme a la normativa colombiana sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).

La evaluación del impacto del ciclo de vida se realiza aplicando conceptualmente el método EcoIndicador 99 (Goedkoop et al., 2000), que estructura los impactos en tres categorías endpoint de daño: salud humana, calidad del ecosistema y recursos. En la categoría de salud humana, los impactos relevantes del proyecto se derivan de las emisiones de gases contaminantes asociadas a la combustión vehicular en zonas con presencia poblacional, particularmente en la

UIT urbana del municipio. La magnitud relativa de este impacto es baja a moderada considerando la escala temporal acotada del proyecto y la dispersión territorial de las emisiones. En la categoría de calidad del ecosistema, los impactos relevantes se derivan de la potencial alteración de fauna silvestre por la presencia operativa en zonas rurales próximas a la reserva forestal de Santa Inés y Costa Rica, las emisiones que contribuyen al cambio climático y los residuos sólidos, y peligrosos generados durante la operación. La magnitud relativa de este impacto es baja a moderada, condicionada al cumplimiento de las estrategias de mitigación. En la categoría de recursos, los impactos relevantes se derivan del consumo energético del proyecto, del consumo de combustibles para movilidad, del consumo de materiales y del consumo marginal de agua. La magnitud relativa de este impacto es moderada para los recursos energéticos y baja para los demás.

La evaluación del impacto específico de cambio climático del ciclo de vida se realiza aplicando la PAS 2050:2011 (BSI, 2011), que establece la especificación para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero de bienes y servicios a lo largo del ciclo de vida.

La interpretación del análisis del ciclo de vida del proyecto identifica tres hallazgos principales. El primero es que las fases de mayor impacto ambiental directo son la fase de captura, por concentrar los desplazamientos vehiculares y el uso intensivo de campo, y la fase de integración, por concentrar el procesamiento computacional intensivo y los servidores. El segundo es que el balance neto del ciclo de vida es estructuralmente favorable cuando se considera el horizonte ampliado de uso del producto, dado que los beneficios sistémicos del catastro multipropósito sobre la planeación territorial sostenible, la mitigación del cambio climático y la gestión sostenible del suelo durante cinco a diez años exceden con margen significativo los costos ambientales directos de la fase operativa. El tercero es que las estrategias

de mitigación deben concentrarse prioritariamente en las fases identificadas como de mayor impacto y en los componentes del impacto con mayor margen de gestión (eficiencia energética, optimización de desplazamientos, gestión de residuos).

2.4.5. Definición de Flujo de Entradas y Salidas

La definición del flujo de entradas y salidas del proyecto constituye la metodología para caracterizar sistemáticamente los recursos consumidos por la operación (entradas) y los productos, subproductos, emisiones, residuos y efectos generados por la operación (salidas), conforme al inventario del ciclo de vida establecido por ISO 14044:2006 (ISO, 2006b). Esta caracterización es la base cuantitativa del análisis de impacto ambiental, dado que las magnitudes de los flujos determinan la escala y la naturaleza de los impactos. En el marco P5 Standard versión 4.0 (PMI-GPM Joint Venture, 2024), el flujo de entradas y salidas conecta las dimensiones Planet, y Process, configurando la lectura operativa de la sostenibilidad del proyecto.

Las entradas del proyecto se estructuran en cinco categorías. La primera categoría son las entradas energéticas, conformadas por el consumo eléctrico del Sistema Interconectado Nacional para la operación de la sede operativa, las estaciones de procesamiento de gabinete (computadores con QGIS, ILISuite, INTERLIS), los servidores de almacenamiento y los sistemas de información del proyecto durante el horizonte de once meses de ejecución. Para el dimensionamiento académico, se estima un consumo eléctrico mensual promedio de 1.500 kilovatios-hora para la operación integral del proyecto, lo que arroja un consumo total estimado de 16.500 kilovatios-hora durante el horizonte de ejecución. La segunda categoría son las

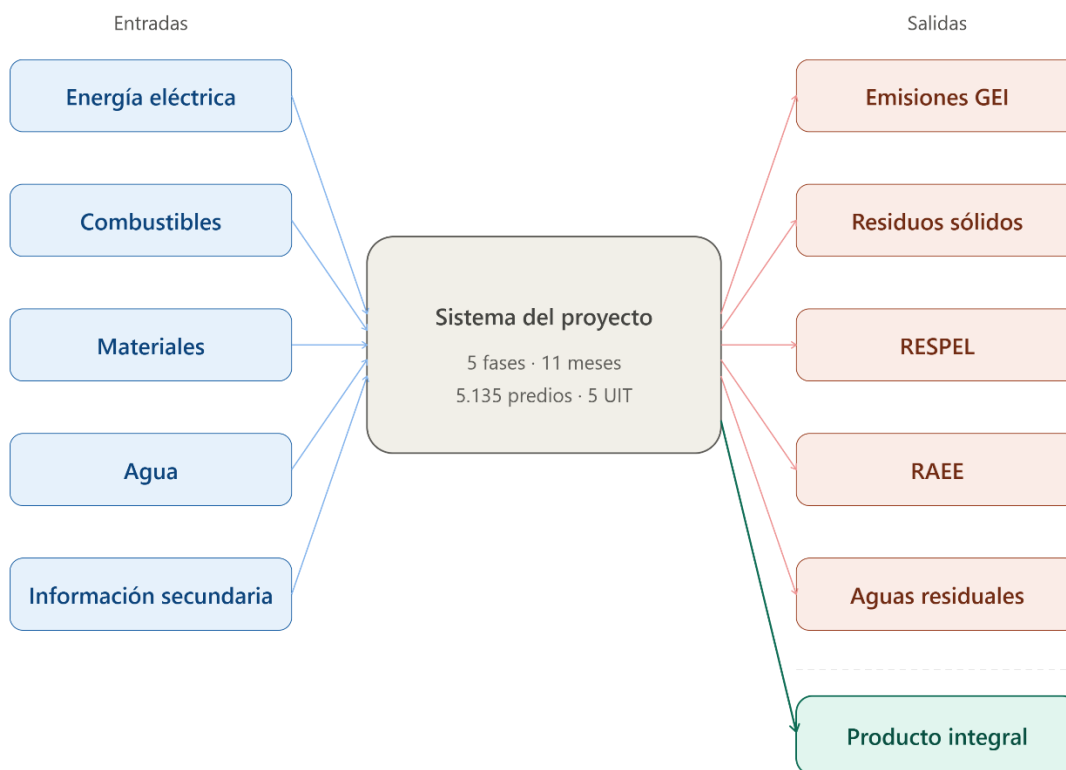
entradas de combustibles, conformadas por el consumo de gasolina y diésel para los desplazamientos vehiculares sobre las cinco unidades de intervención territorial del municipio.

Considerando que las cuatro UIT rurales suman 14.701,84 hectáreas y que la operación rural exige desplazamientos diarios entre la sede operativa y los predios distribuidos sobre el territorio, se estima un recorrido total acumulado durante el horizonte operativo de 25.000 a 30.000 kilómetros vehiculares, con un consumo equivalente de combustibles fósiles. La tercera categoría son las entradas materiales, conformadas por papel para formularios, actas y materiales pedagógicos (estimado en aproximadamente 50 a 60 resmas durante el horizonte operativo), materiales fungibles de campo (cintas de marcación, etiquetas, marcadores, baterías), elementos de protección personal con renovaciones periódicas conforme al SG-SST, y materiales para jornadas comunitarias y de socialización. La cuarta categoría son las entradas hídricas, conformadas por el consumo de agua de la sede operativa para usos sanitarios, limpieza y consumo del equipo, con magnitud moderada en escala del proyecto. La quinta categoría son las entradas de información, conformadas por la cartografía base, los registros prediales preexistentes, los folios de matrícula inmobiliaria, los instrumentos de planificación territorial, el POMCA del río Bajo San Jorge y demás fuentes de información secundaria que el proyecto incorpora como insumo.

Las salidas del proyecto se estructuran en seis categorías. La primera categoría son las salidas atmosféricas, conformadas por las emisiones directas de gases de combustión vehicular asociadas a los desplazamientos operativos, las emisiones indirectas asociadas al consumo eléctrico del Sistema Interconectado Nacional, y las emisiones marginales asociadas a la operación de vehículos aéreos no tripulados.

La segunda categoría son las salidas de residuos sólidos no peligrosos, conformadas por residuos de papel, materiales fungibles agotados, residuos administrativos y residuos orgánicos asociados al consumo del equipo, con generación estimada conforme a las características de la operación. La tercera categoría son las salidas de residuos peligrosos (RESPEL), conformadas por baterías de equipos móviles (tabletas, receptores GNSS, drones), componentes electrónicos al final de su vida útil, y residuos asociados a EPP contaminados, con gestión obligatoria conforme a la normativa colombiana sobre residuos peligrosos (Presidencia de la República de Colombia, 2005). La cuarta categoría son las salidas de residuos electrónicos (RAEE), conformadas por equipos tecnológicos al final de su vida útil al término del proyecto o durante la operación por reemplazo, con gestión conforme a la Ley 1672 de 2013 y normativa concurrente sobre gestión integral de RAEE en Colombia (Congreso de la República de Colombia, 2013).

La quinta categoría son las salidas hídricas, conformadas por aguas residuales de la operación de la sede, con magnitud moderada y articulación con el sistema de saneamiento básico del municipio. La sexta categoría son las salidas que constituyen propiamente los productos y subproductos del proyecto: el producto integral del catastro multipropósito en formato XTF conforme al modelo LADM_COL, los productos de transferencia de conocimiento, la información territorial integrada del municipio, y el valor público generado por la información catastral actualizada disponible para múltiples usos de política pública. La Ilustración 21 presenta el diagrama integral del flujo de entradas y salidas del proyecto.

Ilustración 21.*Diagrama integral del flujo de entradas y salidas del proyecto*

Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

Es importante reiterar que los dimensionamientos cuantitativos presentados (consumo eléctrico estimado de 16.500 kilovatios-hora, recorrido vehicular estimado de 25.000 a 30.000 kilómetros, consumo de papel estimado en 50 a 60 resmas) son estimaciones académicas razonadas con supuestos explícitos para efectos de la formulación del trabajo de grado, y se diferencian de los valores reales que se determinarán durante la ejecución mediante monitoreo continuo.

2.4.6. Cálculo de Impacto Ambiental Bajo Criterios P5TM

El cálculo de impacto ambiental bajo criterios P5 aplica el GPM P5 Standard versión 4.0 (PMI-GPM Joint Venture, 2024) como marco metodológico para la evaluación sistemática de los impactos del proyecto en sus cinco dimensiones articuladas: People, Planet, Prosperity, Process y Product. El estándar incorpora un modelo de scoring 1 a 5 que permite valorar cada categoría de impacto y agregar los resultados en una lectura integrada de la sostenibilidad del proyecto. La escala de scoring se interpreta de la siguiente manera: 1 representa un impacto altamente positivo (regenerativo); 2 representa un impacto moderadamente positivo (restaurativo); 3 representa un impacto neutro o equilibrado; 4 representa un impacto moderadamente negativo (degradativo); y 5 representa un impacto altamente negativo (destrutivo). La aplicación del scoring a cada categoría de impacto del proyecto se realiza considerando la magnitud, la duración, la reversibilidad y el alcance geográfico del impacto, así como las estrategias de mitigación o potenciación previstas.

La aplicación del P5 al proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito en el municipio de Buenavista evalúa los impactos en las cinco dimensiones del estándar. La dimensión People comprende los impactos sobre las personas, los derechos humanos, las prácticas laborales, la equidad, los derechos de pueblos indígenas y comunidades étnicas, la responsabilidad sobre el producto y la participación comunitaria. La dimensión Planet comprende los impactos sobre el transporte, la energía, el agua, la tierra, el consumo y los residuos del proyecto. La dimensión Prosperity comprende los impactos económicos sociales del proyecto, incluyendo el desarrollo económico local, la fiscalidad, la generación de empleo y los efectos sobre el desarrollo del territorio. La dimensión Process comprende los impactos derivados de los procesos de ejecución del proyecto, incluyendo la gestión de stakeholders, la

madurez de los procesos y la gobernanza. La dimensión Product comprende los impactos derivados de las características del producto del proyecto, incluyendo su ciclo de vida, su eficiencia y su valor para los usuarios. El **Anexo E**. Cálculo de impacto ambiental bajo criterios P5 versión 4.0 aplicado al proyecto presenta la evaluación P5 del proyecto.

La interpretación agregada del cálculo P5 evidencia un patrón estructural del proyecto en términos de sostenibilidad. La dimensión People presenta un balance favorable, con la mayoría de las categorías en scores 1 y 2, derivado de la articulación del proyecto con marcos de protección de derechos humanos, salvaguardas étnicas y prácticas laborales reguladas. La dimensión Planet presenta el balance más negativo del proyecto, con tres categorías en score 4 (transporte, energía, consumo y residuos), evidenciando que los impactos ambientales directos derivados de la operación son significativos y constituyen el foco principal de las estrategias de mitigación. La dimensión Prosperity presenta el balance más favorable, con dos categorías en score 1 (fiscalidad municipal, beneficios al usuario) que reflejan el alto valor público generado por el proyecto. La dimensión Process presenta un balance favorable derivado de la regulación normativa del servicio y de la madurez metodológica del enfoque. La dimensión Product presenta un balance favorable derivado de la utilidad sistémica del producto integral para múltiples políticas públicas. El balance global del proyecto, considerando la asimetría entre los impactos negativos directos de la dimensión Planet y los impactos altamente positivos de las dimensiones People, Prosperity y Product, es estructuralmente favorable, condicionado a la implementación de las estrategias de mitigación desarrolladas.

2.4.7. Cálculo de Huella de Carbono

El cálculo de la huella de carbono del proyecto aplica la PAS 2050:2011 (BSI, 2011) como marco metodológico específico para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del ciclo de vida del servicio catastral. La huella de carbono se expresa en kilogramos de dióxido de carbono equivalente (kg CO₂eq) y considera las emisiones directas asociadas a la combustión de combustibles fósiles, las emisiones indirectas asociadas al consumo de energía eléctrica del Sistema Interconectado Nacional, y las emisiones asociadas a otros insumos significativos del proyecto. Para el contexto colombiano, el cálculo se realiza utilizando el factor de emisión de gases de efecto invernadero del Sistema Interconectado Nacional para el año 2024 establecido por la Resolución 001198 de 2024 de la Unidad de Planeación Minero Energética en 0,220 toneladas de CO₂ equivalente por megavatio-hora para inventarios de gases de efecto invernadero (UPME, 2024). Los factores de emisión para combustibles fósiles se aplican conforme a las directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2006) referenciadas por el GHG Protocol y el IDEAM.

El cálculo de la huella de carbono se realiza con metodología trazable y supuestos académicos explícitos. Las emisiones por consumo eléctrico se calculan considerando el consumo estimado de 16.500 kilovatios-hora durante el horizonte de once meses de ejecución, multiplicado por el factor de emisión SIN 2024 de 0,220 kg CO₂eq por kilovatio-hora, lo que arroja una emisión estimada de 3.630 kilogramos de CO₂ equivalente. Las emisiones por consumo de combustibles vehiculares se calculan considerando el recorrido estimado de 27.500 kilómetros (valor medio del rango 25.000 a 30.000 kilómetros) y un consumo promedio de 12 kilómetros por galón para vehículos de operación rural, lo que equivale a aproximadamente

2.292 galones de combustible. Aplicando un factor de emisión de aproximadamente 8,8 kilogramos de CO₂ equivalente por galón de gasolina (IPCC, 2006), las emisiones por combustible se estiman en 20.165 kilogramos de CO₂ equivalente. Las emisiones asociadas a la operación de vehículos aéreos no tripulados se estiman en una magnitud marginal de aproximadamente 100 a 200 kilogramos de CO₂ equivalente para el conjunto de la operación fotogramétrica, considerando que la operación de drones es predominantemente eléctrica. Las emisiones asociadas a la producción y disposición de papel se estiman considerando el consumo de 55 resmas (valor medio del rango 50 a 60) con un factor de emisión de aproximadamente 5,5 kilogramos de CO₂ equivalente por resma para el ciclo de vida del papel, lo que arroja aproximadamente 303 kilogramos de CO₂ equivalente. Las emisiones asociadas a los equipos electrónicos (tabletas, equipos GNSS, computadores) se estiman considerando una amortización proporcional de la huella de carbono de manufactura sobre la vida útil de los equipos, con magnitud estimada de aproximadamente 500 a 800 kilogramos de CO₂ equivalente para la fracción correspondiente al proyecto. La Ilustración 22 presenta la composición estimada de la huella de carbono del proyecto.

Ilustración 22.
Composición estimada de la huella de carbono del proyecto



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

La huella de carbono total estimada del proyecto asciende aproximadamente a 24,7 toneladas de CO₂ equivalente durante el horizonte de once meses de ejecución, lo que equivale a una huella unitaria de aproximadamente 4,8 kilogramos de CO₂ equivalente por predio del universo predial. El componente principal de la huella es el transporte vehicular (81,7%),

seguido por el consumo eléctrico (14,7%) y por los demás componentes con magnitudes irrelevantes pero que se deben documentar. Esta composición orienta las estrategias de mitigación hacia la optimización de los desplazamientos como prioridad principal, seguida por la eficiencia energética. Es pertinente reiterar que las cifras presentadas son estimaciones académicas razonadas con supuestos explícitos para efectos del trabajo de grado, y que el cálculo de la huella real del proyecto requiere monitoreo continuo durante la ejecución con metodología trazable conforme a la PAS 2050:2011 (BSI, 2011) y a los lineamientos de la ISO 14067 sobre huella de carbono de productos.

2.4.8. Estrategias de Mitigación de Impacto Ambiental

Las estrategias de mitigación de impacto ambiental del proyecto se diseñan a partir de los hallazgos del análisis del ciclo de vida desarrollado en el análisis ciclo de vida del producto, bien, servicio o resultado, del cálculo de impacto ambiental bajo criterios P5 y del cálculo de huella de carbono, orientándose prioritariamente a los componentes del impacto con mayor magnitud y margen de gestión. Las estrategias se estructuran en cuatro categorías articuladas (energía y emisiones, transporte y movilidad, residuos y materiales, articulación territorial sostenible) y se priorizan por su impacto esperado y por su viabilidad de implementación en el contexto del proyecto de Buenavista. El **Anexo F**. Estrategias de mitigación de impacto ambiental del proyecto presenta el conjunto integrado de estrategias de mitigación.

Las estrategias prioritarias del proyecto se concentran en el componente transporte (M01, M02, M03) dado que representa el 81,7% de la huella de carbono estimada y configura el mayor margen de mitigación. La implementación articulada de estas tres estrategias podría reducir la

huella de carbono del componente transporte entre un 15% y un 25%, lo que se traduciría en una reducción absoluta estimada de entre 3.025 y 5.041 kilogramos de CO₂ equivalente sobre el horizonte del proyecto. Las estrategias del componente residuos (M07, M08, M09) son prioritarias no por su impacto en huella de carbono sino por su impacto en la gestión integral de residuos peligrosos y electrónicos del proyecto, en cumplimiento de la normativa colombiana sobre RESPEL y RAEE (Presidencia de la República de Colombia, 2005; Congreso de la República de Colombia, 2013). Las estrategias de articulación territorial (M11, M12, M13) son prioritarias por su valor de coherencia con el componente ambiental del producto integral del proyecto y por su contribución a la legitimidad institucional de la intervención.

La estrategia M14 sobre análisis de viabilidad de compensación de emisiones residuales constituye una opción de cierre del balance de carbono del proyecto, mediante la articulación con proyectos de mitigación en el territorio (por ejemplo, proyectos de reforestación, conservación de bosques o proyectos REDD+ en la región Caribe colombiana) o mediante la adquisición de bonos de carbono certificados conforme a estándares internacionales (Verra, Gold Standard, MDL). La viabilidad de esta estrategia depende de la disponibilidad presupuestal del proyecto y de la prioridad institucional asignada a la neutralidad de carbono, decisión que debe articularse con la dirección del proyecto y con el gestor catastral.

La implementación de las estrategias de mitigación se articula con el ciclo de gestión del proyecto conforme al PMBOK octava edición (PMI, 2025). En la fase de planeación, las estrategias se incorporan al plan de calidad del proyecto, al registro de riesgos como medidas preventivas, y al plan de gestión ambiental del proyecto. En la fase de ejecución, las estrategias se implementan mediante indicadores específicos de seguimiento, controles de cumplimiento y articulación con los equipos operativos. En la fase de monitoreo y control, las estrategias se

evalúan mediante indicadores ambientales del proyecto, auditorías internas y reportes periódicos a la dirección. En la fase de cierre, las estrategias se documentan para transferencia de conocimiento a la administración municipal y para aprendizaje organizacional aplicable a proyectos futuros. La articulación con el principio PMI octava edición de integrar la sostenibilidad en todas las áreas del proyecto (PMI, 2025) es directa y se materializa en la concepción de las estrategias de mitigación como dispositivo de planificación, ejecución y verificación de la sostenibilidad ambiental del proyecto.

El presente acápite cierra el Estudio Social y Ambiental del proyecto desarrollado en el acápite 2.4. A lo largo de los ocho subacápites del capítulo se ha desarrollado integralmente la dimensión social y ambiental del proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito en el municipio de Buenavista, articulando marcos metodológicos internacionales (P5 Standard versión 4.0, ISO 14040, ISO 14044, EcoIndicador 99, PAS 2050) con la caracterización territorial específica del municipio y con el marco normativo colombiano. El balance social del proyecto se estructura por seis beneficios sociales (seguridad jurídica, articulación catastro-registro, fiscalidad municipal, planeación territorial, reconocimiento étnico, capacidades institucionales) y cinco costos sociales (carga de tiempo para titulares, intrusión potencial, expectativas sobre avalúos, reactivación de conflictos latentes, riesgo sobre poblaciones vulnerables).

El balance ambiental presenta cinco beneficios ambientales (información ambiental integrada, habilitación de planeación ambiental, gestión sostenible del suelo, articulación con mitigación climática, prevención de deforestación) y seis costos ambientales (emisiones GEI eléctricas, emisiones GEI de combustión, emisiones de UAV, residuos sólidos, consumo de agua, potencial alteración de fauna). El análisis del ciclo de vida del servicio catastral identifica

las fases de captura e integración como de mayor impacto directo. El cálculo P5 evidencia balance favorable en las dimensiones People, Prosperity, Process y Product, con balance negativo concentrado en la dimensión Planet. La huella de carbono estimada del proyecto asciende a 24,7 toneladas de CO₂ equivalente, con concentración en el componente transporte (81,7%). Las catorce estrategias de mitigación se priorizan en transporte, energía, residuos y articulación territorial sostenible. El conjunto del Estudio Social y Ambiental configura el marco de sostenibilidad integral del proyecto y articula con los demás capítulos del trabajo.

3. Inicio y Planeación del Proyecto

3.1. Acta de Constitución del Proyecto (Project Charter)

Se presenta en la tabla 37 los datos generales del proyecto:

Tabla 37.

Datos Generales del Proyecto

Campo	Información	Detalle
Nombre del Proyecto	Actualización Catastral Multipropósito – Buenavista (Sucre)	Proyecto de servicios catastrales especializados
Código / ID	AB25632BG	Contrato público IGAC
Patrocinador (Sponsor)	María Camila Lima Rodríguez	Directora Ejecutiva del operador catastral
Organización Ejecutora	Operador catastral habilitado	Contratista del servicio catastral
Cliente / Contratante	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)	Dirección de Gestión Catastral
Director de Proyecto	Julián Camilo Peña Valderrama	Director del Proyecto en Buenavista

Campo	Información	Detalle
Fecha de Inicio	14 de noviembre de 2025	Acta de inicio del proyecto
Fecha de Cierre	07 de octubre de 2026	Cierre del proyecto
Duración Total	11 meses calendario · 240 días hábiles	Plazo contractual no prorrogable
Valor del Contrato	\$ 6.278.000.000 COP	Valor total con todas las reservas e impuestos
Estructura de Pagos	7 hitos contractuales ($15\% \times 6 + 10\% \times 1$)	Pagos contra entrega aprobada de cada hito
Universo Predial	5.135 predios (3.920 urbanos + 1.215 rurales)	Universo proyectado para Buenavista
Cobertura Territorial	14.808 hectáreas en 5 UIT (UIT_01 a UIT_05)	Distribución del territorio del municipio
Estándar Técnico	Modelo LADM_COL · Resoluciones IGAC 1040/2023 y 746/2024	Marco técnico de la actualización catastral
Marco Metodológico	PMBOK 8ª edición (PMI, 2025)	Estándar internacional de gerencia de proyectos

Fuente: Construcción del autor acorde a proyecto.

Justificación del Proyecto

La actualización catastral del territorio colombiano constituye una política pública prioritaria del Estado, definida por el CONPES 3958 de 2019 y consagrada normativamente en la Ley 1955 de 2019 y la Ley 2294 de 2023. La transición del catastro tradicional al catastro multipropósito busca generar información territorial que sirva no solo al propósito fiscal, sino también a la planeación territorial, la seguridad jurídica de la propiedad, la política agraria y la gestión ambiental.

El municipio de Buenavista (Sucre) presenta una desactualización catastral significativa cuya última actualización integral se remonta al año 2008, hace más de 17 años. Las consecuencias de esta desactualización son visibles en cinco dimensiones de la gestión territorial:

- La gestión fiscal del municipio: subestimación del impuesto predial que afecta los ingresos propios.
- La planeación del territorio: información obsoleta para el ordenamiento y la inversión pública.
- La seguridad jurídica de la propiedad: inconsistencias entre el catastro y el registro de instrumentos públicos.
- La política pública agraria: carencia de información actualizada para programas de acceso a tierras.
- La gestión ambiental: desconocimiento del estado actual de predios en zonas de manejo especial, particularmente el POMCA del río Bajo San Jorge que cubre el 71,57% del territorio municipal.

Adicionalmente, el universo predial proyectado para Buenavista supera en aproximadamente 30% al universo catastral vigente (5.135 predios proyectados frente a 3.949 registrados), lo cual significa que más de mil predios no están adecuadamente reconocidos en el sistema catastral nacional.

Este proyecto busca cerrar esa brecha mediante el levantamiento físico, la verificación jurídica, la interlocución social y la valuación económica de los 5.135 predios urbanos y rurales del municipio, distribuidos en cinco Unidades de Intervención Territorial (UIT_01 a UIT_05) que suman 14.808 hectáreas de territorio, contribuyendo a la modernización catastral del país

conforme a los lineamientos del IGAC consagrados en las Resoluciones 1040 de 2023 y 746 de 2024.

Objetivos del Proyecto

Objetivo General

Ejecutar la actualización catastral con enfoque multipropósito del municipio de Buenavista (Sucre) sobre los 5.135 predios del universo proyectado y las 14.808 hectáreas de cobertura territorial, en un plazo de 11 meses calendario (240 días hábiles), bajo el modelo LADM_COL y los estándares técnicos del IGAC, asegurando un índice de conformidad técnica (Q) igual o superior al 95% mediante el cumplimiento integral de los siete hitos contractuales definidos.

Objetivos Específicos

Los objetivos específicos se presentan en la siguiente tabla (Tabla 38):

Tabla 38.

Objetivos específicos

#	Objetivo	Descripción	Indicador de Éxito
O1	Levantamiento Físico	Realizar el levantamiento predial del 100% de los 5.135 predios mediante QField/QGIS con receptores GNSS, aplicando los métodos directo, colaborativo, indirecto y declarativo	5.135 predios levantados (4.393 directo, 491 colaborativo, 251 indirecto)
O2	Verificación Jurídica	Verificar la titularidad, formas de tenencia y derechos asociados al 100% de los predios levantados conforme al marco normativo del Código Civil y la legislación registral	5.135 fichas jurídicas con calidad jurídica de interesados
O3	Interlocución Social	Implementar el Plan de Diálogo e Interlocución Social (PDI) con enfoque intercultural en los cuatro niveles previstos (N1 a N4)	4 niveles de interlocución ejecutados con registros y cartografía social

#	Objetivo	Descripción	Indicador de Éxito
O4	Valuación Económica	Establecer ZHF, ZHG y valores unitarios del suelo mediante avalúo masivo conforme a los lineamientos del IGAC	ZHF, ZHG y tabla de valores unitarios aprobados por Comité Técnico
O5	Calidad Técnica	Cumplir con el índice de conformidad técnica establecido para la actualización catastral	Índice $Q \geq 95\%$
O6	Gestión Presupuestal	Ejecutar el presupuesto del proyecto con una variación controlada	Variación $\leq 5\%$ sobre \$6.278.000.000 COP

Fuente: Construcción del autor acorde al proyecto.

Detalle de los Objetivos por Componente Catastral

- **Componente Físico (levantamiento predial).** Comprende la captura geométrica y de atributos físicos de cada predio mediante QField sobre QGIS con receptores GNSS, distinguiendo cuatro métodos de intervención: directo (4.393 predios, 85,5%), colaborativo (491 predios, 9,6%), indirecto (251 predios, 4,9%) y declarativo (cuando aplica). El componente genera la base catastral LADM_COL V.1.0 con la geometría y los atributos físicos de los predios, organizada en cinco Unidades de Intervención Territorial.
- **Componente Jurídico (verificación de derechos).** Verifica la titularidad y las formas de tenencia de cada predio mediante el cruce de la información catastral con los registros de la Oficina de Registro de Instrumentos Públicos competente, el análisis documental de escrituras, sentencias, resoluciones administrativas y demás soportes jurídicos. Identifica la calidad jurídica del interesado (propietario, poseedor, ocupante, tenedor) y la naturaleza del predio.

- **Componente Social (interlocución comunitaria).** Implementa el Plan de Diálogo e Interlocución Social (PDI) en cuatro niveles: N1 (institucional y comunitario para apertura), N2 (comunitario por UIT antes del levantamiento), N3 (comunitario durante el levantamiento), y N4 (socialización de resultados al cierre). El componente integra el enfoque intercultural conforme a la Resolución IGAC 338 de 2023.
- **Componente Económico (avalúos catastrales).** Establece las Zonas Homogéneas Físicas (ZHF) y Zonas Homogéneas Geoeconómicas (ZHG) del municipio mediante el procedimiento PR-GCT-EC01 y el Instructivo IN-GCT-EC02 del IGAC. Los productos del componente son validados por el Comité Técnico y aprobados por el Director Territorial IGAC Sucre mediante resolución administrativa al cierre del proyecto.

Alcance del Proyecto

Incluido en el Alcance (IN SCOPE)

- Estudios de formulación académico-PMI: diagnóstico catastral, estudio de mercado, estudio técnico, estudio económico-financiero y estudio social-ambiental.
- Planes de gestión del proyecto: Plan de Gestión Integral del Proyecto (PGIP), Plan de Calidad, Plan de Diálogo e Interlocución Social (PDI), Plan de Comunicaciones, Plan del Componente Económico y Plan de Transferencia de Conocimiento.
- Levantamiento predial integral del Componente Físico para los 5.135 predios en 5 UIT distribuidos en 14.808 hectáreas, mediante los métodos directo, colaborativo, indirecto y declarativo.
- Verificación jurídica del Componente Jurídico: cruce con la Oficina de Registro de Instrumentos Públicos, análisis documental y registro de la calidad jurídica de cada interesado.

- Interlocución social en 4 niveles del Componente Social: apertura (N1), preparación (N2), ejecución (N3) y cierre (N4), con enfoque intercultural.
- Estudios económicos del Componente Económico: ZHF, ZHG, tabla de valores unitarios, liquidación de avalúos y memoria técnica del estudio económico.
- Base de datos catastral final en formato XTF conforme al modelo LADM_COL, validada por el IGAC.
- Planos catastrales definitivos aprobados, memoria técnica de la actualización catastral y resolución de aprobación firmada por el Director Territorial IGAC Sucre.
- Lecciones aprendidas y repositorio documental digitalizado del proyecto.

Excluido del Alcance (OUT OF SCOPE)

- Conservación catastral posterior a la entrega del Hito 7 (corresponde al gestor catastral habilitado o al IGAC en su rol subsidiario).
- Procesos de formalización de la propiedad ni saneamiento de títulos (competencia de otras entidades del Sistema de Administración del Territorio).
- Cobro del impuesto predial ni actualización de la base tributaria municipal (competencia exclusiva del municipio).
- Resolución de conflictos de linderos, posesiones disputadas u otros litigios jurídicos (se documentan pero se remiten a las instancias correspondientes).
- Operaciones catastrales en territorios distintos a Buenavista (Sucre).
- Programas de inversión, construcción de infraestructura u otros proyectos de desarrollo territorial.

Entregables Principales

Los entregables principales se compilan en la siguiente tabla (Tabla 39):

Tabla 39.

Entregables Principales

#	Entregable	Descripción	Hito / Fecha Estimada
E1	Plan de Gestión Integral del Proyecto (PGIP)	Documento maestro que integra los planes subsidiarios: Plan de Calidad, PDI, Plan de Comunicaciones, Plan del Componente Económico y Plan de Transferencia de Conocimiento	Hito 1 · Enero 2026
E2	Base Catastral LADM_COL V.1.0 (subconjuntos por hito)	Base catastral preliminar entregada de manera progresiva en formato XTF para los hitos 2 al 6	Hito 2 a Hito 6
E3	Estudio del Componente Económico	ZHF, ZHG, tabla de valores unitarios aprobada por Comité Técnico, investigación de mercado inmobiliario y liquidación de avalúos catastrales	Hito 3 a Hito 4
E4	Levantamientos Físico-Jurídicos	Archivos de avance del levantamiento por método aplicado y fichas jurídicas con calidad de interesados	Hito 2 a Hito 6
E5	Informes de Interlocución Social	Informes de interlocución institucional y comunitaria niveles N1 a N4 con registros de asistencia y cartografía social participativa	Hito 2 a Hito 7
E6	Base de Datos Catastral Final	Base de datos predial final en formato XTF conforme al modelo LADM_COL, con información física, jurídica, social y económica integrada	Hito 7 · Octubre 2026

#	Entregable	Descripción	Hito / Fecha Estimada
E7	Memoria Técnica y Documentación de Cierre	Memoria técnica de la actualización catastral multipropósito, informe técnico final, lecciones aprendidas y repositorio documental digitalizado	Hito 7 · Octubre 2026

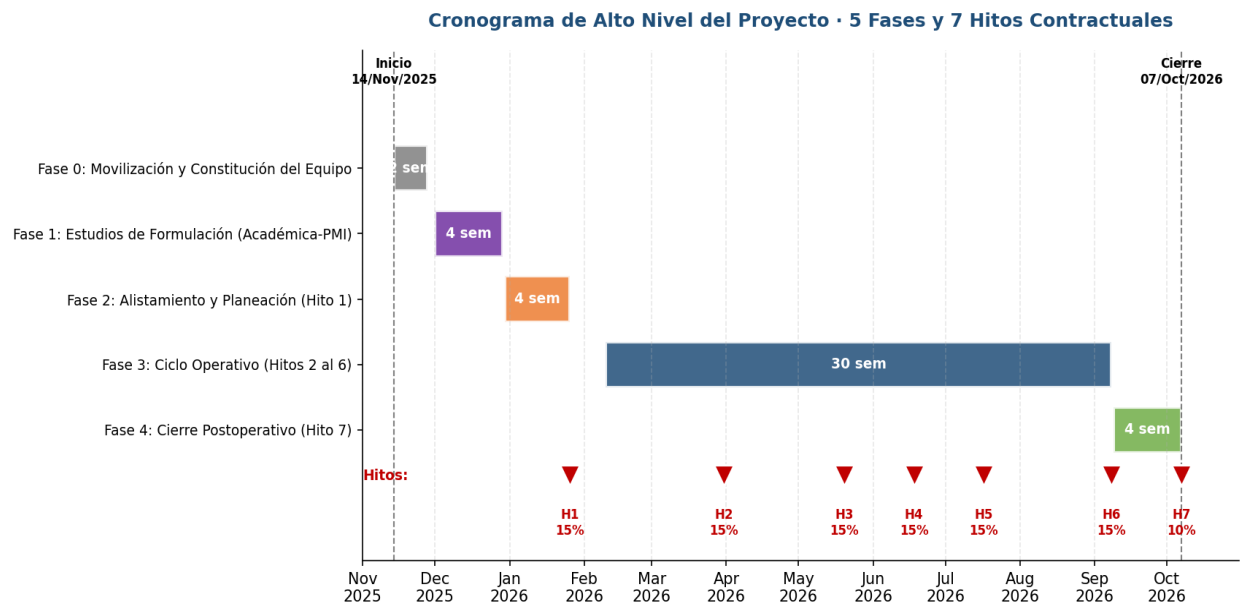
Fuente: Construcción del autor acorde al proyecto.

Cronograma de Alto Nivel (Hitos)

El proyecto inicia el 14 de noviembre de 2025 con la suscripción del acta de inicio y se extiende durante 11 meses calendario (240 días hábiles) hasta su cierre programado el 07 de octubre de 2026. El cronograma se estructura en cinco fases parcialmente paralelas y siete hitos contractuales (H1 al H7) con pagos asociados del 15% × 6 hitos y 10% × 1 hito final (Ilustración 23).

Ilustración 23.

Cronograma de alto nivel del proyecto con las cinco fases y los siete hitos contractuales



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

Calendario de los Siete Hitos Contractuales

Se presenta la tabla 40 con el calendario de los siete hitos contractuales

Tabla 40.

Calendario de los Siete Hitos Contractuales

Hito	Fecha Límite	D.H. Acum.	Actividades Clave	% Pago
H1	03/04/2026	44 d.h.	Alistamiento y Planeación: PGIP, Plan de Calidad, PDI, Plan de Comunicaciones, Plan económico	15%
H2	03/05/2026	65 d.h.	Ciclo operativo inicial: ZHF preliminar municipio, primer subconjunto físico-jurídico, primera interlocución N1	15%
H3	03/06/2026	87 d.h.	Investigación mercado inmobiliario, polígonos ZHG, liquidación avalúos, segundo subconjunto físico-jurídico	15%
H4	03/08/2026	130 d.h.	Tabla de valores unitarios aprobada por Comité Técnico, tercer subconjunto, acta de validación	15%
H5	03/09/2026	153 d.h.	Cuarto subconjunto físico-jurídico, control de calidad interna y externa, informes mensuales	15%
H6	03/11/2026	196 d.h.	Quinto subconjunto, validación final XTF, informe de no inconsistencias, base catastral consolidada	15%
H7	03/01/2027	240 d.h.	Cierre: base de datos final XTF, memoria técnica consolidada, planos definitivos, interlocución N4, lecciones aprendidas	10%

Fuente: Construcción del autor acorde a proyecto.

Notas Metodológicas del Cronograma

- Las fases 0, 1 y 2 se ejecutan en paralelo desde el día 1 del acta de inicio. La Fase 0 moviliza el equipo núcleo; la Fase 1 produce los estudios de formulación académicos; la Fase 2 genera los entregables del Hito 1 (PGIP).

- La Fase 3 (ciclo operativo) aplica fast tracking permanente: cada hito inicia con la entrega del anterior, sin esperar aprobación del IGAC.
- Los hitos 2 a 6 pueden ejecutarse hasta dos en paralelo con el mismo equipo.
- El componente Económico es transversal en cada ciclo: inicia con la interlocución social y cierra cuando el componente físico-jurídico ha completado el levantamiento de la UIT correspondiente.
- El componente de Calidad es transversal durante todo el proyecto, pero toma el control total al cierre de cada hito.

Presupuesto de Alto Nivel

El presupuesto del proyecto se construye conforme a la cascada presupuestaria del PMBOK 8ª edición (PMI, 2025), que organiza el presupuesto en cinco capas acumulativas: costos directos, costos indirectos, línea base de costos, reserva de contingencia y reserva de gestión (Tabla 41).

Cascada Presupuestaria PMI

Tabla 41.

Cascada Presupuestaria PMI

Componente Presupuestal	Monto Estimado (COP)	% del Total
Recursos humanos del proyecto (líderes, equipo operativo y de apoyo)	\$ 2.380.000.000	37,9%
Operación y logística territorial (transporte, viáticos, comunicaciones)	\$ 373.000.000	5,9%
Activos fijos (equipos GNSS, mobiliario, software, licencias)	\$ 190.000.000	3,0%
Inversión pre-operativa (pólizas, EPP, timbre, notariales)	\$ 158.500.000	2,5%

Componente Presupuestal	Monto Estimado (COP)	% del Total
Tecnología recurrente (licencias, conectividad)	\$ 42.700.000	0,7%
Línea base de costos directos	\$ 3.144.200.000	50,1%
Costos indirectos (overhead administrativo)	\$ 752.000.000	12,0%
Reserva de contingencia (riesgos identificados)	\$ 1.253.000.000	20,0%
Reserva de gestión (riesgos no identificados)	\$ 501.000.000	8,0%
Utilidad del operador	\$ 627.800.000	10,0%
TOTAL, VALOR DEL CONTRATO	\$ 6.278.000.000	100,0%

***Fuente:** Construcción del autor acorde a proyecto*

Indicadores de Viabilidad Financiera

La evaluación financiera del proyecto, desarrollada en el Estudio Financiero (Acápites 2.3 del trabajo de grado), arroja los siguientes indicadores favorables (Tabla 42):

Tabla 42.

Indicadores de Viabilidad Financiera

Indicador	Valor	Umbral de Aceptación	Decisión
Valor Presente Neto (VPN)	\$ 1.288.317.988	$VPN > 0$	✓ ACEPTAR
MIRR anualizada	70,19% E.A.	$MIRR > WACC$ (11,85%)	✓ ACEPTAR
Relación Beneficio-Costo (B/C)	1,59	$B/C > 1,00$	✓ ACEPTAR
Punto de equilibrio	\$ 3.943.000.000	< Valor contrato (\$6.278M)	✓ ACEPTAR
Período de recuperación (Payback)	8 meses	< Duración del proyecto	✓ ACEPTAR
Capital de trabajo máximo	\$ 1.013.263.666	< 20% valor contrato	✓ ACEPTAR (16,14%)
Margen neto del operador	23,96%	> 9%	✓ ACEPTAR

***Fuente:** Construcción del autor acorde a proyecto*

Estructura de financiación: el proyecto se financia mediante una estructura mixta de 50% capital propio del operador + 50% crédito comercial preferencial, identificada como el punto óptimo en el análisis comparativo de cinco alternativas. Esta estructura genera un costo promedio ponderado de capital (WACC) del 11,85% E.A. después de impuestos.

Interesados Clave (Stakeholders)

A continuación, se presenta la tabla 43 con los stakeholders

Tabla 43.

Interesados Clave (Stakeholders)

Interesado	Tipo	Interés / Expectativa	Influencia / Estrategia
Patrocinadora del Proyecto (María Camila Lima Amara)	Interno – Autoridad	Cumplimiento del contrato y rentabilidad del proyecto del operador	ALTA – Reportes mensuales de avance EVM, comités directivos
IGAC (Cliente / Contratante)	Externo – Cliente	Entrega de productos catastrales conformes con el modelo LADM_COL y la calidad técnica $Q \geq 95\%$	ALTA – Supervisión continua por Ana Lucía Martínez Beltrán, hitos formales
Interventoría del Contrato (Édgar Mauricio Gómez Solarte)	Externo – Veedor	Verificación independiente del cumplimiento técnico y contractual del proyecto	ALTA – Comunicación quincenal, entrega oportuna de productos
Alcaldía Municipal de Buenavista (Rafael Antonio Tovar Meza)	Externo – Territorial	Información catastral actualizada para gestión municipal, fiscal y de ordenamiento	MEDIA – Articulación con la administración, socialización de avances
Dirección Territorial IGAC Sucre (Germán Alberto Pérez Cabarcas)	Externo – Autoridad	Aprobación final de la actualización catastral mediante resolución administrativa	ALTA – Coordinación técnica permanente, comités de avalúos
Comunidades del territorio (5.135 propietarios, JAC, AFROSDEBUENAVISTA)	Externo – Beneficiarios	Participación informada, seguridad jurídica de su	ALTA – PDI con enfoque intercultural en 4 niveles, cartografía social

Interesado	Tipo	Interés / Expectativa	Influencia / Estrategia
		propiedad, respeto al enfoque intercultural	
Equipo del Proyecto (17 perfiles profesionales)	Interno – Ejecutor	Condiciones laborales adecuadas, oportunidades de desarrollo profesional	ALTA – Gestión de talento humano, plan de capacitación, SST

Fuente: Construcción del autor acorde a proyecto

Riesgos de Alto Nivel

A continuación, se presenta la tabla 44 de riesgos de alto nivel

Tabla 44.

Riesgos de Alto Nivel

Riesgo Identificado	Probab.	Impacto	Estrategia de Respuesta
Retraso en la aprobación de hitos por la interventoría que afecte el flujo de caja	ALTA	ALTO	Mitigar: gestión activa de cobranza, comunicación permanente con interventor, control de calidad interno previo a entrega
Resistencia comunitaria al ingreso del equipo de campo en zonas rurales del territorio	MEDIA	ALTO	Mitigar: implementar PDI con enfoque intercultural desde N1, articular con líderes comunitarios y JAC
Inconsistencias gráfico-alfanuméricas en bases existentes que retrasen el levantamiento	ALTA	MEDIO	Mitigar: validación temprana en Fase 1 (Diagnóstico), reporte de novedades en E1.2.1.8
Sobrecostos por presión salarial superior al IPC durante la ejecución	MEDIA	MEDIO	Mitigar: reserva de contingencia (\$1.253M) cubre 11,06 veces el EMV agregado de riesgos
No alcanzar el índice $Q \geq 95\%$ en algún hito (glosas o devoluciones)	MEDIA	ALTO	Mitigar: Plan de Calidad ISO 9001:2015, control de calidad transversal y validación previa a entrega
Eventos climáticos adversos que retrasen el trabajo de campo en zonas rurales	MEDIA	MEDIO	Mitigar: planeación estacional que evite el pico invernal, plan de contingencia operativa

Riesgo Identificado	Probab.	Impacto	Estrategia de Respuesta
Cambios normativos del IGAC durante la ejecución del proyecto	BAJA	ALTO	Aceptar y escalar: notificación inmediata al patrocinador si se materializa, análisis de impacto
Conflictos por linderos o tenencia disputada en predios específicos	MEDIA	MEDIO	Documentar y remitir: protocolo de manejo de casos, derivación a instancias competentes

Fuente: Construcción del autor acorde a proyecto

Supuestos y Restricciones

Se presenta la tabla 45 con los supuestos y restricciones

Tabla 45.

Supuestos y Restricciones

SUPUESTOS (Assumptions)	RESTRICCIONES (Constraints)
El IGAC garantiza la disponibilidad oportuna de los insumos cartográficos base (ortoimágenes, cartografía vectorial, bases alfanuméricas catastrales). Los cobros contractuales se reciben con un desfase máximo de 30 días entre factura aprobada y desembolso efectivo. El marco normativo del IGAC permanece estable durante la ejecución (Resoluciones 1040/2023 y 746/2024 vigentes). Hay disponibilidad de personal especializado en el mercado laboral para los 17 perfiles del proyecto. Las condiciones climáticas se mantienen en rangos históricos para la región Caribe. Las comunidades del territorio se disponen a participar en el PDI conforme al enfoque intercultural. La estabilidad macroeconómica del país se mantiene con inflación dentro del rango meta del Banco de la República. Las pólizas contractuales (cumplimiento, calidad, salarios, RC) se mantienen vigentes durante todo el proyecto.	El presupuesto total es fijo en \$6.278.000.000 COP sin reajustes salvo los previstos contractualmente. El plazo de ejecución es de 11 meses calendario (240 días hábiles) no prorrogables. La limitación geográfica del proyecto es exclusivamente al municipio de Buenavista (Sucre) en sus 5 UIT (UIT_01 a UIT_05). El índice de conformidad técnica mínimo aceptable es del 95%. Cumplimiento integral de las Resoluciones IGAC 1040/2023 (aseguramiento de calidad) y 746/2024 (modelo LADM_COL). Uso obligatorio del software QField sobre QGIS para captura de campo y receptores GNSS con precisión sub-métrica. Cumplimiento del marco normativo colombiano (Ley 80/1993, Ley 1150/2007, Ley 1955/2019, CONPES 3958/2019). El personal mínimo requerido por el IGAC debe contratarse dentro de los primeros 5 días hábiles desde la firma del acta de inicio. Los productos deben entregarse en formato XTF conforme al estándar nacional.

Fuente: Construcción del autor acorde a proyecto

Criterios de Éxito y Condiciones de Pago

A continuación, se presenta la tabla 46 con criterios de éxito y condiciones de pago

Tabla 46.

Criterios de Éxito y Condiciones de Pago

Criterio de Éxito	Indicador / Métrica	Condición Contractual
Cumplimiento del alcance	5.135 predios levantados (100%)	Condición para el cierre del proyecto (Hito 7)
Δ Calidad técnica (CRÍTICO)	Índice de conformidad técnica $Q \geq 95\%$	CONDICIÓN PARA EL PAGO DE CADA HITO – glosa si $Q < 95\%$
Cumplimiento del cronograma	Schedule Performance Index (SPI) $\geq 0,95$	Criterio de gestión del proyecto · EVM
Cumplimiento del costo	Cost Performance Index (CPI) $\geq 0,95$	Criterio de gestión presupuestal · EVM
Aprobación de hitos contractuales	7 de 7 hitos aprobados por interventoría	Condición para pagos del $15\% \times 6 + 10\% \times 1$
Aprobación regulatoria IGAC	Resolución administrativa firmada por Director Territorial IGAC Sucre	Condición de aceptación del producto final
Satisfacción del cliente	Encuesta de satisfacción del contratante $\geq 4,0 / 5,0$	Criterio de calidad de servicio
Sostenibilidad financiera	Margen neto del operador $\geq 9\%$ sobre valor contrato	Criterio de viabilidad del operador

Fuente: Construcción del autor acorde a proyecto

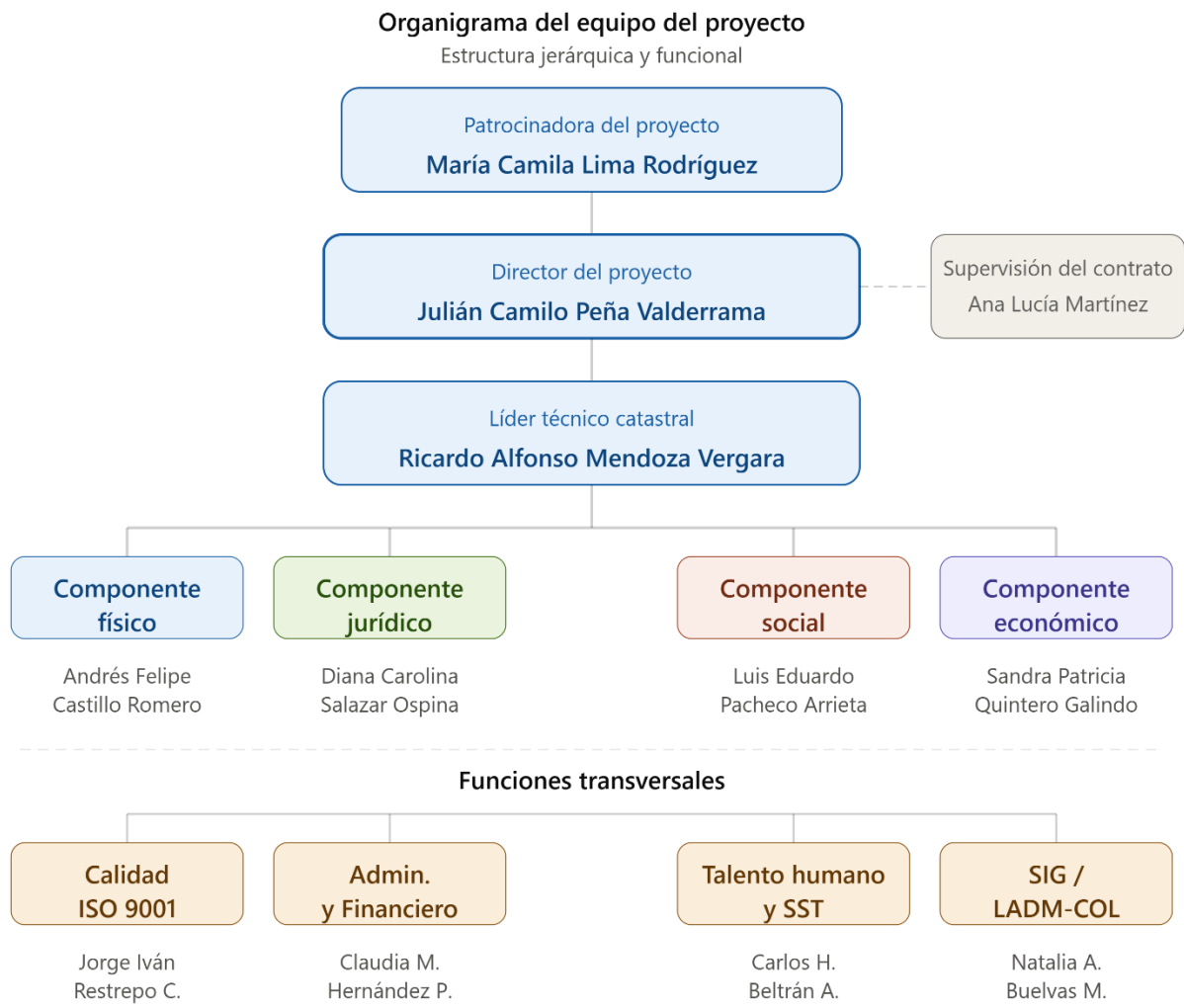
Organización del Proyecto

Organigrama del Equipo del Proyecto

El equipo del proyecto se organiza en cuatro niveles jerárquicos: nivel estratégico (Patrocinadora), nivel directivo (Director del Proyecto y Supervisión del Contrato), nivel técnico

(Líder Técnico Catastral y 4 líderes de componente) y nivel transversal (4 funciones de apoyo: calidad, administrativo-financiero, talento humano y SIG) (Ilustración 24).

Ilustración 24.
Organigrama del equipo del proyecto · Estructura jerárquica y funcional



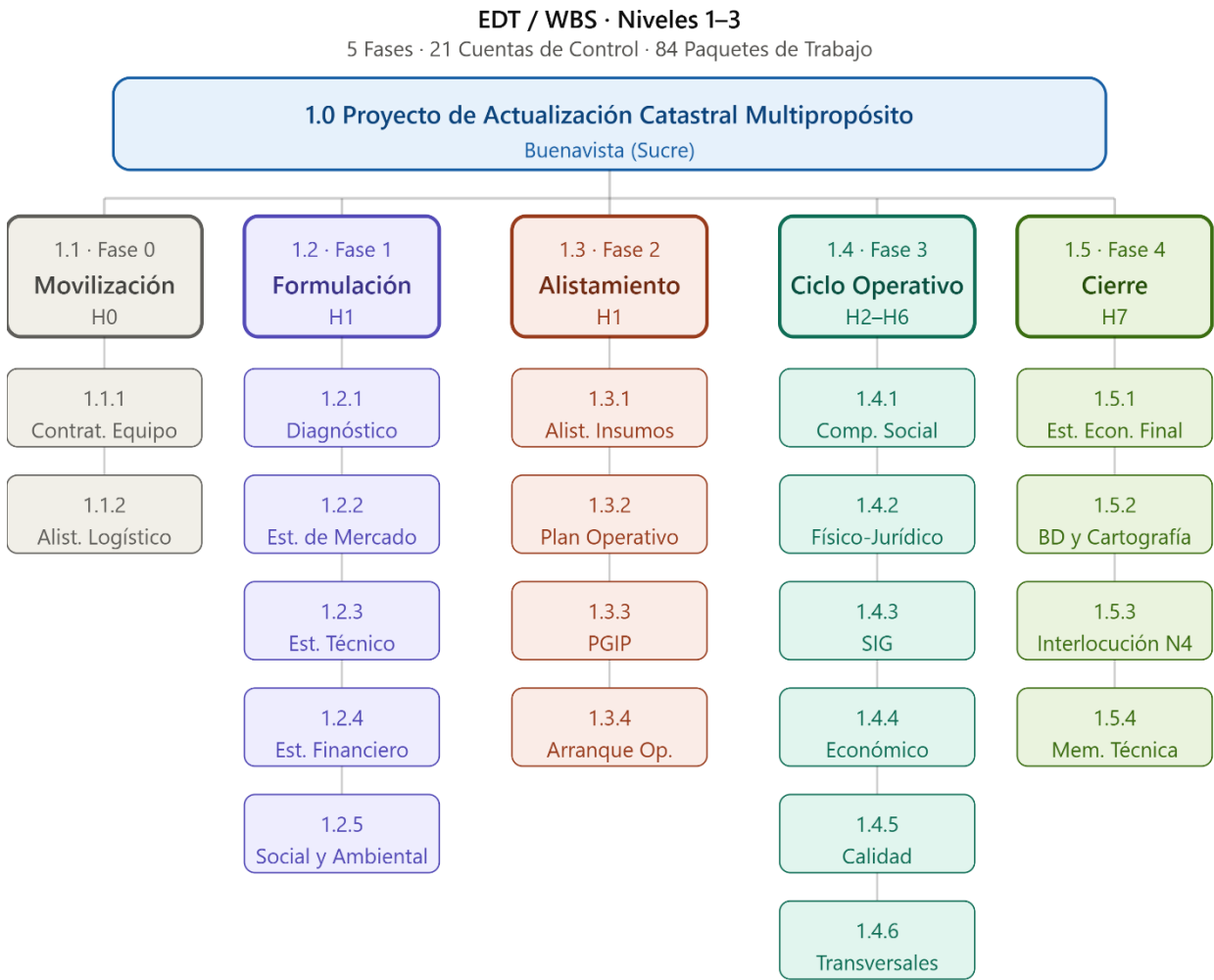
Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

Estructura de Desglose del Trabajo (EDT/WBS)

La Estructura de Desglose del Trabajo del proyecto se organiza en cuatro niveles jerárquicos conforme al PMBOK 8ª edición: nivel 1 (proyecto), nivel 2 (5 fases), nivel 3 (21

cuentas de control) y nivel 4 (84 paquetes de trabajo). La Figura 25 presenta la EDT hasta el nivel 3.

Ilustración 25.
Estructura de Desglose del Trabajo · Niveles 1-3 del proyecto



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

Estructura de Roles (Alto Nivel)

En la siguiente tabla (tabla 47), se presenta la estructura de roles (alto nivel)

Tabla 47.*Estructura de Roles (Alto Nivel)*

Rol	Nombre	Responsabilidad Principal
Patrocinadora (Sponsor)	María Camila Lima Amara	Autorizar el proyecto, financiarlo y supervisar el cumplimiento del contrato. Geógrafa, candidata a Magíster en Gerencia de Proyectos
Director del Proyecto	Julián Camilo Peña Valderrama	Planificar, ejecutar, controlar y cerrar el proyecto. Único punto de rendición de cuentas. Ingeniero Topográfico
Supervisión del Contrato	Ana Lucía Martínez Beltrán	Supervisión técnica del contrato en representación del IGAC. Ingeniera Catastral y Geodesta
Líder Técnico Catastral	Ricardo Alfonso Mendoza Vergara	Coordinación técnica integral de los 4 componentes catastrales. Ingeniero Catastral y Geodesta
Líder Componente Físico	Andrés Felipe Castillo Romero	Dirección del levantamiento predial físico. Ingeniero Topográfico, especialista en Geomática
Líder Componente Jurídico	Diana Carolina Salazar Ospina	Dirección de la verificación de derechos y titularidades. Abogada, especialista en Derecho Registral
Líder Componente Social	Luis Eduardo Pacheco Arrieta	Dirección de la interlocución comunitaria PDI. Sociólogo, magíster en Desarrollo Rural
Líder Componente Económico	Sandra Patricia Quintero Galindo	Dirección de los avalúos catastrales y ZHG. Economista, especialista en Avalúos (Lonja)
Coordinador de Calidad	Jorge Iván Restrepo Cárdenas	Aseguramiento de calidad ISO 9001:2015. Ingeniero Industrial
Profesional Admin. y Financiero	Claudia Marcela Hernández Pineda	Gestión administrativa, financiera y contractual. Contadora Pública
Profesional Talento Humano y SST	Carlos Hernán Beltrán Acuña	Gestión de personal y SG-SST conforme Resolución 0312/2019. Psicólogo organizacional

Rol	Nombre	Responsabilidad Principal
Profesional SIG / LADM-COL	Natalia Andrea Buelvas Madera	Modelado cartográfico y bases de datos espaciales LADM-COL. Ingeniera Geógrafa

Fuente: Construcción del autor acorde a proyecto

Cuentas de Control de la EDT

Se presenta la tabla 48 con las cuentas de control de la EDT

Tabla 48.

Cuentas de Control de la EDT

Código	Cuenta de Control	Fase	Hito
1.1.1	Contratación Equipo Núcleo	Fase 0 · Movilización	H0
1.1.2	Alistamiento Logístico y Administrativo	Fase 0 · Movilización	H0
1.2.1	Diagnóstico del Estado Catastral y Territorial	Fase 1 · Estudios	N/A
1.2.2	Estudio de Mercado	Fase 1 · Estudios	N/A
1.2.3	Estudio Técnico	Fase 1 · Estudios	N/A
1.2.4	Estudio Económico-Financiero	Fase 1 · Estudios	N/A
1.2.5	Estudio Social y Ambiental	Fase 1 · Estudios	N/A
1.3.1	Alistamiento de Insumos	Fase 2 · Hito 1	H1
1.3.2	Plan Operativo del Proyecto	Fase 2 · Hito 1	H1
1.3.3	Plan de Gestión Integral · PGIP	Fase 2 · Hito 1	H1
1.3.4	Preparación Arranque Operativo (Fast Tracking)	Fase 2 · Hito 1	Post-H1
1.4.1	Componente Social · Interlocución	Fase 3 · Ciclo Operativo	H2 a H6

Código	Cuenta de Control	Fase	Hito
1.4.2	Componente Físico-Jurídico Levantamiento	Fase 3 · Ciclo Operativo	H2 a H6
1.4.3	Componente SIG · Procesamiento	Fase 3 · Ciclo Operativo	H2 a H6
1.4.4	Componente Económico · Valuación	Fase 3 · Ciclo Operativo	H2 a H6
1.4.5	Componente Calidad · Aseguramiento	Fase 3 · Ciclo Operativo	H2 a H6
1.4.6	Entregables Transversales por Hito	Fase 3 · Ciclo Operativo	H2 a H6
1.5.1	Estudio Económico Final	Fase 4 · Cierre	H7
1.5.2	Base de Datos Final y Productos Cartográficos	Fase 4 · Cierre	H7
1.5.3	Interlocución Nivel 4 · Socialización	Fase 4 · Cierre	H7
1.5.4	Memoria Técnica y Cierre del Proyecto	Fase 4 · Cierre	H7

Fuente: Construcción del autor acorde a proyecto

Estrategia de Gestión del Cambio y Comunicación

Dado que el proyecto involucra a las comunidades del territorio en procesos de actualización catastral que pueden generar incertidumbre sobre los efectos en la propiedad, la tributación municipal y la seguridad jurídica, se implementará una estrategia de gestión del cambio articulada con el Plan de Diálogo e Interlocución Social (PDI). Esta estrategia es crítica considerando la baja conectividad del municipio (apenas 3,1% de acceso a internet) y la presencia de la Asociación AFROSDEBUENAVISTA cuyo enfoque diferencial debe respetarse conforme a la Resolución IGAC 338 de 2023.

Principio rector: El proyecto actualiza la información catastral del municipio para mejorar su gestión territorial y la seguridad jurídica de los propietarios; no tiene

como propósito modificar la tenencia, formalizar la propiedad ni cobrar tributos. Este mensaje será el eje de toda comunicación con las comunidades.

Acciones de Gestión del Cambio

- Interlocución N1 institucional y comunitaria: reunión inicial con alcaldía, JAC, AFROSDEBUENAVISTA y demás organizaciones sociales para socializar el alcance y resolver inquietudes.
- Cartografía social participativa: ejercicios con las comunidades para identificar referencias territoriales, conflictos potenciales y nodos relevantes del territorio.
- Canal de comunicación abierto: línea telefónica, WhatsApp y emisora local para que los propietarios puedan expresar dudas en cualquier momento del proyecto.
- Articulación con la administración municipal: mesa de coordinación con la Alcaldía para sincronizar el proceso con los demás procesos de gestión territorial.
- Informes trimestrales al IGAC y al patrocinador con indicadores de avance, riesgos materializados y ajustes de estrategia.
- Talleres de inducción comunitaria por UIT antes de cada ingreso de campo, con metodología adaptada a la población rural.
- Manejo de inquietudes: protocolo formal para recibir, procesar y responder inquietudes en máximo 5 días hábiles.

Plan de Comunicaciones por Interesado

Se presenta el plan de comunicaciones por interesado en la tabla 49

Tabla 49.

Plan de Comunicaciones por Interesado

Interesado	Información	Frecuencia	Canal
Patrocinadora	Reporte ejecutivo con CPI, SPI, riesgos y consumo de reservas	Mensual	Reunión y reporte PDF
IGAC y Supervisión	Productos entregables y avances medidos por EVM	Quincenal	Comité técnico y carpeta digital
Interventoría	Avances técnicos, cumplimiento contractual	Quincenal	Reunión formal con acta
Equipo del Proyecto	KPIs operativos, plan semanal, retroalimentación	Semanal	Reunión de equipo y dashboard
Comunidades	Cronograma de ingreso a UIT, resultados, derechos	Continua	Talleres, emisora local, WhatsApp
Alcaldía y JAC	Avances, articulación con gestión municipal	Mensual	Reuniones bilaterales
Banco financiador	Saldo del crédito, proyección de amortización	Mensual	Reporte formal

Fuente: Construcción del autor acorde a proyecto

Autorización del Proyecto – Firmas

Con la firma de este documento, los abajo firmantes autorizan (Tabla 50) formalmente la existencia del proyecto, asignan al Director de Proyecto y aprueban la utilización de los recursos organizacionales necesarios para su ejecución, conforme a los términos establecidos en el presente Acta de Constitución.

#	Fuente	Tipo	Referencia
7	Resolución IGAC 338 de 2023 – Salvaguardas étnicas catastrales	Norma técnica	IGAC
8	Ley 80 de 1993 – Estatuto General de Contratación de la Administración Pública	Norma colombiana	Congreso de la República
9	Decreto 1082 de 2015 – Reglamento del Sector Administrativo de Planeación Nacional	Norma colombiana	DNP
10	Estudio Financiero del Proyecto (Acápites 2.3 del trabajo de grado)	Documento del proyecto	Universidad Piloto de Colombia · 2026
11	Plan de Gestión Integral del Proyecto – PGIP (E1.2.1)	Documento del proyecto	Operador catastral · 2026
12	Estructura de Desglose del Trabajo – EDT/WBS (Niveles 1-4)	Documento del proyecto	Operador catastral · 2026

Fuente: Construcción del autor acorde a proyecto

3.2. Plan de Gestión del Proyecto

3.2.1. Plan de Gestión de los Interesados

La gestión de los interesados constituye uno de los ocho dominios de desempeño del PMBOK 8ª edición (PMI, 2025) y se reconoce como un eje transversal cuya correcta articulación incide directamente en el cumplimiento de los objetivos de alcance, cronograma y calidad. En proyectos de actualización catastral con enfoque multipropósito esta dimensión adquiere relevancia particular: la naturaleza pública de la información levantada, la diversidad de actores institucionales, comunitarios y étnicos involucrados, y la sensibilidad jurídica de los predios convierten al involucramiento efectivo de los interesados en un factor crítico de éxito (CONPES 3958, 2019; Resolución IGAC 1040 de 2023).

El presente Plan desarrolla los cuatro procesos del dominio Stakeholders del PMBOK 8^a edición (identificar, planificar, gestionar y monitorear el involucramiento) en cuatro subsecciones articuladas: (a) identificación y categorización de los interesados; (b) Matriz de interesados con tres lentes analíticas (Mendelow, matriz 3D PMBOK y modelo de prominencia Saliencia); (c) Matriz de Dependencia $\times$ Influencia que adapta los aportes de Aaltonen y Kujala (2010) y de Bourne y Walker (2005), con mapa de calor de dependencia mutua; y (d) Formato de Resolución de Conflictos con ficha estandarizada, protocolo de escalamiento en cinco niveles y matriz de técnicas de manejo basada en Thomas y Kilmann (1974).

a. Identificación y Categorización de los Interesados

La identificación de los interesados es el proceso por el cual el equipo del proyecto determina, documenta y analiza la información de personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto (PMI, 2025). Para el proyecto de Buenavista (Sucre) este proceso se ejecutó al inicio de la Fase 0 (Movilización y Constitución del Equipo, 14 al 28 de noviembre de 2025) y se actualiza al cierre de cada fase. La identificación se apoyó en cinco fuentes: los pliegos contractuales y el anexo técnico del contrato con el operador catastral, el Plan de Ordenamiento Territorial municipal y el POMCA del río Bajo San Jorge (que cubre el 71,57 % del territorio), el registro étnico de AFROSDEBUENAVISTA (Resolución 265 del 12 de septiembre de 2022 del Ministerio del Interior), los actos administrativos de la Dirección Territorial IGAC Sucre, y entrevistas semiestructuradas con el equipo núcleo y líderes comunitarios durante el alistamiento.

Para la tipificación se adoptó un esquema mixto que combina el modelo de Mitchell, Agle y Wood (1997) basado en los atributos de poder, legitimidad y urgencia, con la clasificación por rol funcional del PMBOK 8ª edición (cliente/patrocinio, operador, gobierno local, comunidad y sectorial/étnico). Los cinco criterios y sus pesos relativos se presentan en la Tabla 52.

Tabla 52.

Criterios de categorización de los interesados

Criterio	Definición operativa	Indicador / evidencia	Peso relativo
Poder	Capacidad formal o de hecho de un actor para imponer o vetar decisiones que afecten el proyecto.	Facultades contractuales, atribuciones legales, capacidad de retención de pago, autoridad de no objeción.	30%
Legitimidad	Reconocimiento social, jurídico o institucional del actor como parte interesada válida.	Registro étnico, autoridad pública, mandato contractual, representación gremial o comunitaria.	25%
Urgencia	Criticidad temporal de la demanda del actor sobre el proyecto.	Hitos contractuales con pago asociado, requerimientos de consulta previa, plazos legales perentorios.	20%
Interés	Nivel de motivación del actor para que el proyecto se ejecute conforme a la línea base.	Beneficio esperado (técnico, predial, fiscal o social), antecedentes de participación.	15%
Influencia	Capacidad relacional de mover voluntades de terceros, más allá del poder formal.	Liderazgo, redes institucionales, capacidad técnica reconocida, capital social.	10%

Nota. Construcción del autor con base en Mitchell, Agle y Wood (1997) y PMI (2025). Los pesos relativos se aplican en la priorización de la Tabla.

*La aplicación de estos criterios condujo a la identificación de dieciocho (18) interesados clave organizados en cinco categorías por rol funcional. El registro completo, con identificador (E01-E18), nombre, rol, categoría y valoración de los atributos P-L-U, se presenta en el **Anexo F. Estrategias de mitigación de impacto ambiental del proyecto***

Anexo G. Registro de interesados; los siete interesados de máxima prominencia se sintetizan en la Tabla 57 del cuerpo principal.

A partir de la valoración de cada interesado en los cinco criterios, aplicando los pesos de la Tabla 52, se calculó un Índice de Prominencia del Interesado (IPI) como promedio ponderado en escala 1-5. Los umbrales son: nivel ALTO ($IPI \geq 4,0$, gestión activa permanente y comunicación directa), nivel MEDIO ($3,0 \leq IPI < 4,0$, monitoreo periódico mensual) y nivel BAJO ($IPI < 3,0$, seguimiento ad hoc). El Anexo H. Priorización inicial de **interesados según Índice de Prominencia (IPI)** presenta los siete interesados de nivel ALTO que conforman el núcleo de gestión directa del proyecto; los once interesados de nivel MEDIO (E04-E10, E17, E18) y BAJO (E11, E12) se detallan en la el Anexo F. Estrategias de mitigación **de impacto ambiental** del proyecto

Anexo G. Registro de interesados.

El proyecto cuenta con 18 interesados clave repartidos en cinco categorías. Siete actores alcanzan nivel ALTO de prominencia ($IPI \geq 4,0$) y conforman el núcleo de gestión directa: la patrocinadora, el director, la supervisora IGAC, el interventor, el alcalde, el director territorial IGAC Sucre y la asociación AFROSDEBUENAVISTA. Nueve interesados se ubican en nivel MEDIO y dos en nivel BAJO, lo que permite focalizar la asignación de recursos comunicacionales y de relacionamiento sin descuidar el universo completo.

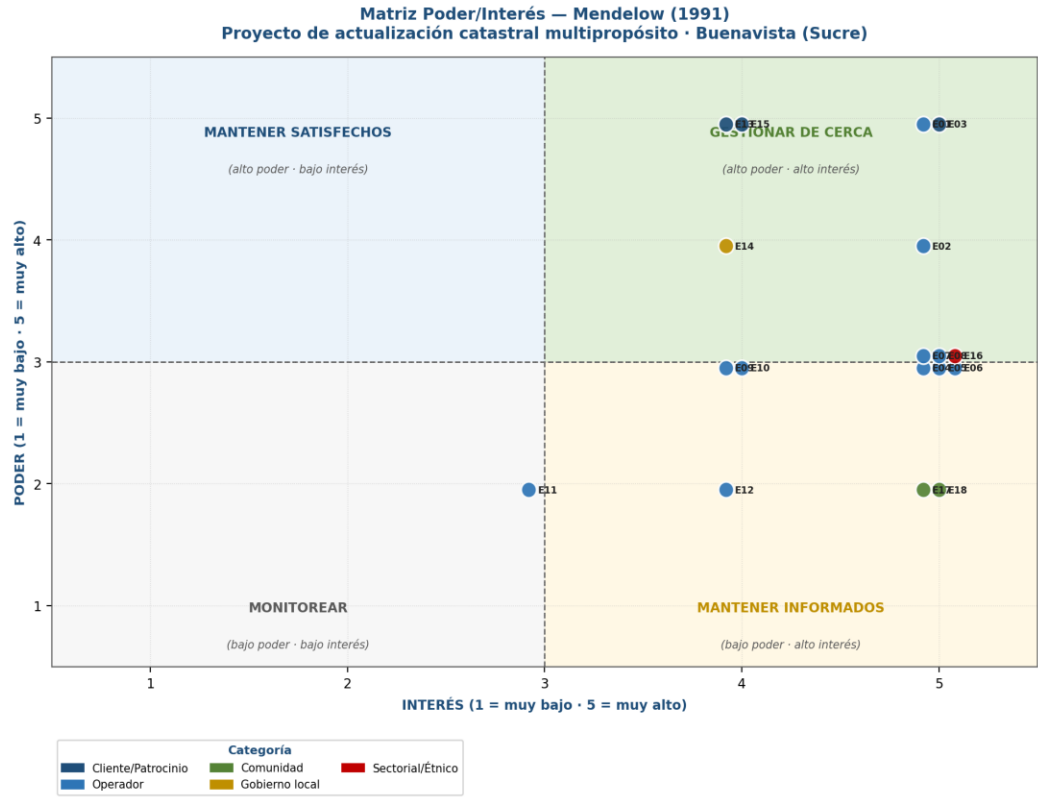
b. Matriz de Interesados

Esta subsección desarrolla la Matriz de interesados mediante tres lentes analíticas reconocidas por el PMBOK 8ª edición como herramientas de data representation (PMI, 2025): la matriz clásica Poder $\times$ Interés de Mendelow (1991), la matriz tridimensional Poder $\times$ Influencia $\times$ Interés del PMBOK, y el modelo de prominencia Saliency de Mitchell, Agle y Wood (1997) que añade la dimensión de urgencia.

La matriz de Mendelow traduce el universo de 18 interesados en cuatro cuadrantes con estrategias diferenciadas: gestionar de cerca, mantener satisfechos, mantener informados y monitorear. La Ilustración 26 presenta el mapeo de la estrategia genérica y la frecuencia mínima de comunicación por cuadrante.

Ilustración 26.

Matriz Poder $\times$ Interés según Mendelow (1991), aplicada a los dieciocho interesados del proyecto



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

La distribución observada en la ilustración se muestra una concentración significativa en el cuadrante gestionar de cerca, lo que evidencia el carácter multiactor del proyecto y refuerza la necesidad de un plan de involucramiento robusto. La Tabla 53 sintetiza la distribución por cuadrante y la estrategia genérica asociada.

Tabla 53.
Estrategia genérica por cuadrante de la matriz Poder × Interés

Cuadrante	Interesados ubicados	Estrategia genérica	Frecuencia mínima de comunicación
Gestionar de cerca (alto poder · alto interés)	E01 · E02 · E03 · E04 · E05 · E06 · E07 · E08 · E13 · E14 · E15 · E16	Involucramiento activo, participación en comités técnicos semanales, autoridad delegada para aprobar entregables intermedios.	Semanal · presencial o virtual

Cuadrante	Interesados ubicados	Estrategia genérica	Frecuencia mínima de comunicación
Mantener satisfechos (alto poder · bajo interés)	— (sin interesados en este cuadrante)	Cuadrante vacío en este proyecto. Estrategia preventiva: monitoreo de cambios contextuales que puedan elevar el interés y migración rápida hacia gestión activa.	<i>Trimestral · informe ejecutivo</i>
Mantener informados (bajo poder · alto interés)	E09 · E10 · E12 · E17 · E18	Comunicación oportuna de avances, jornadas comunitarias, boletines técnicos. Empoderamiento mediante capacitación.	<i>Quincenal · presencial en territorio + canal digital donde haya conectividad</i>
Monitorear (bajo poder · bajo interés)	E11	Seguimiento ligero, comunicaciones contractuales formales únicamente.	<i>Mensual · canal documental</i>

***Nota.** Construcción del autor con base en Mendelow (1991) y PMI (2025). La ausencia de interesados en el cuadrante mantener satisfechos refleja la alineación generalizada entre poder e interés en este proyecto, característica de iniciativas catastrales donde la mayoría de actores con autoridad formal tienen también alto interés en el cumplimiento.*

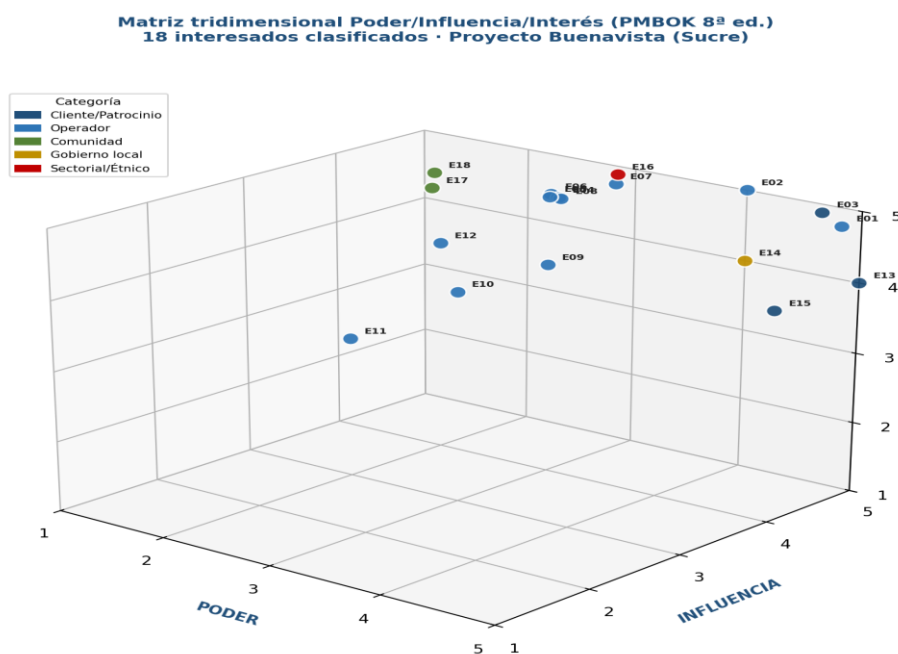
La distribución muestra una concentración significativa en el cuadrante "gestionar de cerca" (doce de los dieciocho interesados), lo que evidencia el carácter multiactor del proyecto. El cuadrante "mantener satisfechos" queda vacío, característica habitual de proyectos catastrales donde la mayoría de actores con autoridad formal tienen también alto interés en el cumplimiento.

La matriz bidimensional de Mendelow presenta una limitación estructural: confunde poder e influencia, dos atributos que se comportan de manera distinta. El poder se asocia a autoridad formal (un cargo o facultad legal), mientras que la influencia es relacional y puede ejercerse sin posición formal (Bourne, 2009). El PMBOK 8ª edición incorpora la influencia

como tercer eje (PMI, 2025); la Ilustración 27 presenta la matriz tridimensional aplicada al proyecto.

Ilustración 27.

Matriz tridimensional Poder × Influencia × Interés (PMBOK 8ª ed.).¹



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

La lectura tridimensional revela tres aspectos que el plano de Mendelow oculta. El alcalde (E14) tiene poder formal moderado (4) pero influencia muy alta (5) por su capacidad de movilizar redes políticas y comunitarias. Los líderes de componente (E04-E08) tienen poder bajo (3) pero alta influencia técnica (4), lo que los convierte en agentes críticos de adopción de decisiones técnicas. La asociación AFROSDEBUENAVISTA (E16) presenta baja autoridad formal pero alta legitimidad e influencia social, que se traduce en poder fáctico ante la consulta previa y los procesos de socialización territorial.

¹ Cada interesado se ubica en el cubo según su valoración 1–5 en los tres ejes. Construcción del autor con base en PMI (2025).

Para incorporar la dimensión temporal de las demandas se aplica el modelo de Salience de Mitchell, Agle y Wood (1997), que clasifica a los interesados según la presencia simultánea de poder, legitimidad y urgencia, definiendo siete tipologías. La aplicación al proyecto se presenta en la Tabla 54.

Tabla 54.

Tipologías Salience aplicadas a los interesados del proyecto

Tipología	Atributos presentes	Interesados	Prominencia
DEFINITIVO	<i>Poder + Legitimidad + Urgencia</i>	E01 · E02 · E03 · E13	Crítica — máxima prioridad
DOMINANTE	<i>Poder + Legitimidad</i>	E14 · E15	Alta — mantener satisfechos
DEPENDIENTE	<i>Legitimidad + Urgencia</i>	E16 · E17 · E18	Alta — requieren patrocinio del proyecto
PELIGROSO	<i>Poder + Urgencia (sin legitimidad)</i>	— (no identificado en este proyecto)	Latente — vigilancia continua
DOMINIO (Discrecional)	<i>Sólo Legitimidad</i>	E04 a E12 (algunos)	Media — atención según oportunidad
LATENTE (Demandante)	<i>Sólo Urgencia</i>	— (no identificado)	Baja — monitoreo pasivo
LATENTE (Dormido)	<i>Sólo Poder</i>	— (no identificado)	Baja — monitoreo pasivo

Nota. Construcción del autor con base en Mitchell, Agle y Wood (1997). La identificación de cuatro interesados definitivos (E01, E02, E03 y E13) confirma el núcleo de gobernanza del proyecto. La presencia de tres interesados dependientes (E16, E17 y E18) — la asociación étnica y las comunidades rural y urbana - exige un esquema de patrocinio activo que el operador catastral debe sostener mediante el componente social y la salvaguarda étnica de la Resolución IGAC 338 de 2023.

La identificación de cuatro interesados definitivos (E01, E02, E03 y E13) confirma el núcleo de gobernanza del proyecto. La presencia de tres interesados dependientes (E16, E17 y

E18) exige un esquema de patrocinio activo que el operador debe sostener mediante el componente social y la salvaguarda étnica de la Resolución 338 de 2023 del IGAC.

El PMBOK 8ª edición propone cinco niveles para clasificar el grado de involucramiento de cada interesado: desconocedor, reticente, neutral, partidario y líder (PMI, 2025). La Tabla 55 contrasta el nivel observado al inicio del proyecto con el nivel deseado al cierre, identificando las brechas a cerrar mediante el plan de involucramiento.

Tabla 55.

Niveles de involucramiento: actual (A) versus deseado (D) — interesados clave

ID	Interesado	Desconocedor	Reticente	Neutral	Partidario	Líder	Brecha
E01	Patrocinadora					AD	Sin brecha — sostener liderazgo
E02	Director Proyecto					AD	Sin brecha — sostener liderazgo
E03	Supervisora IGAC				AD		Avanzar a Líder en H3
E13	Interventor				AD		Sostener — vigilancia técnica
E14	Alcalde			A	D		Pasar de neutral a partidario
E15	Director IGAC Sucre				AD		Sostener — informe trimestral
E16	AFROSDEBUENAVISTA		A		D		De reticente a partidario — H2/H3
E04 a E08	Líderes técnicos					AD	Sostener liderazgo técnico

ID	Interesado	Desconocedor	Reticente	Neutral	Partidario	Líder	Brecha
E09 a E12	Equipo transversal				AD		Mantener partidario
E17	Comunidad rural	A			D		De desconocedor a partidario — Fase 3
E18	Comunidad urbana	A			D		De desconocedor a partidario — Fase 3

Nota. Construcción del autor con base en PMI (2025). A = nivel actual; D = nivel deseado; AD = actual igual a deseado. Las brechas más relevantes corresponden a las comunidades rural y urbana (E17, E18), que parten de desconocimiento y deben llegar a partidario al cierre de la Fase 3, y a AFROSDEBUENAVISTA (E16), cuya transición de reticente a partidario es condición previa para los hitos H2 y H3.

Las brechas más relevantes corresponden a las comunidades rural y urbana (E17, E18), que parten de desconocimiento y deben llegar a partidario al cierre de la Fase 3, y a AFROSDEBUENAVISTA (E16), cuya transición de reticente a partidario es condición previa para los hitos H2 y H3. Las tres lentes analíticas (Mendelow, matriz 3D PMBOK y Saliencia) convergen en identificar siete interesados de máxima prioridad: cuatro definitivos que conforman el núcleo decisonal, y tres dependientes (la asociación étnica y los colectivos comunitarios) cuya salvaguarda es responsabilidad activa del operador.

c. Matriz de Dependencia e Influencia

Las matrices de la subsección (b) ofrecen una lectura del posicionamiento de cada interesado respecto al proyecto, pero los actores no solo inciden sobre el proyecto: también

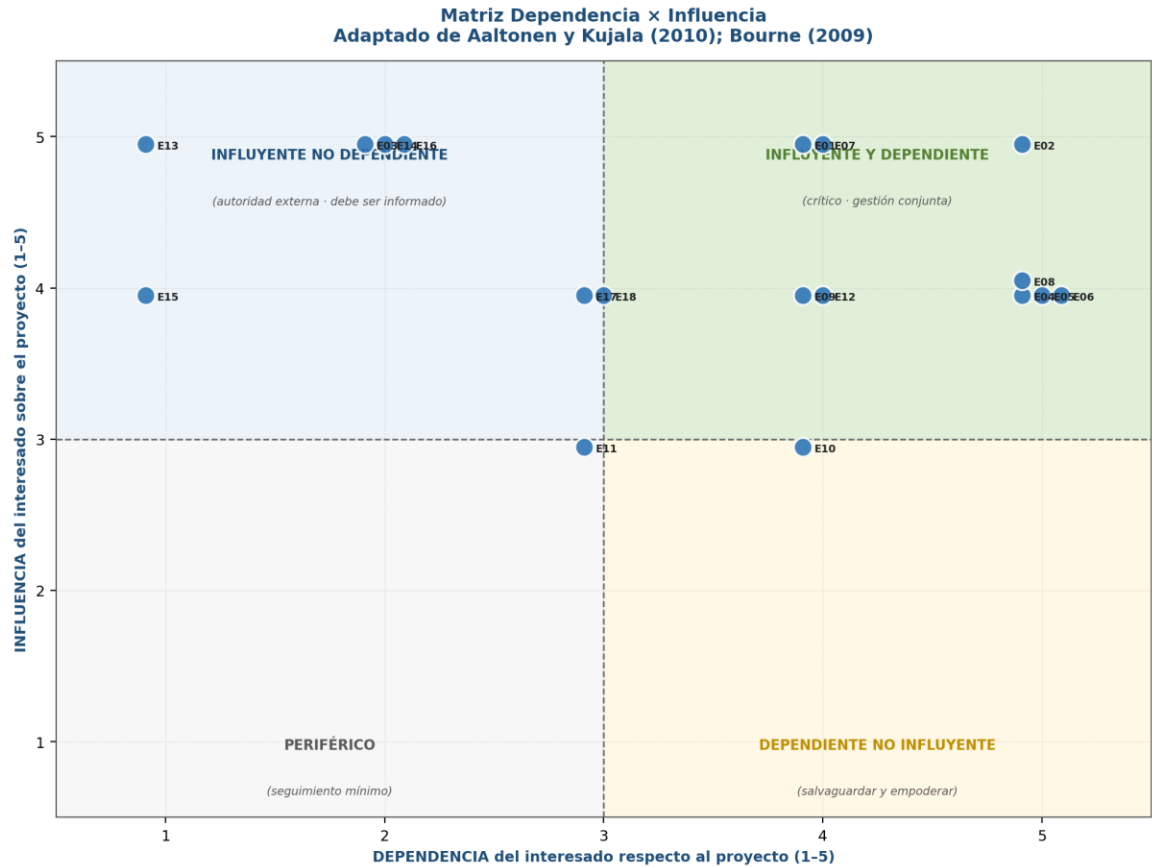
dependen de él en distintos grados. La comunidad depende del proyecto para acceder a información predial certera, el operador depende de la comunidad para acceder al territorio, y la supervisión depende de ambos para certificar entregables. Esta dependencia mutua se analiza siguiendo a Aaltonen y Kujala (2010) y Bourne y Walker (2005).

Aaltonen y Kujala (2010) complementan el análisis poder $\times$ interés con dependencia $\times$ influencia, identificando cuatro configuraciones: periférico (baja influencia $\cdot$ baja dependencia), dependiente no influyente (baja influencia $\cdot$ alta dependencia, requiere salvaguarda), influyente no dependiente (alta influencia $\cdot$ baja dependencia, autoridad externa) e influyente y dependiente (alta influencia $\cdot$ alta dependencia, donde se concentra el esfuerzo principal). Bourne y Walker (2005) añaden la noción de círculo de influencia distribuido en seis dimensiones: recursos financieros, conocimiento técnico, autoridad formal, acceso territorial, legitimidad social e información operativa. La Ilustración 28 presenta la matriz aplicada al proyecto y la Tabla 56 sintetiza la estrategia por cuadrante.

Ilustración 28.

*Matriz Dependencia $\times$ Influencia para los dieciocho interesados del proyecto*²

² Adaptado de Aaltonen y Kujala (2010) y Bourne (2009).



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

Tabla 56.
Análisis por cuadrante de la matriz Dependencia × Influencia.

Cuadrante	Interesados ubicados	Caracterización	Estrategia recomendada
Influyente y dependiente	$E01 \cdot E02 \cdot E04 \cdot E05 \cdot E06 \cdot E07 \cdot E08 \cdot E09 \cdot E10 \cdot E12$	Núcleo operativo del proyecto. Su éxito profesional y el del proyecto están entrelazados; tienen capacidad técnica para incidir sobre las decisiones.	Gestión conjunta intensiva. Participación en comités técnicos, autoridad delegada, mecanismos de incentivo alineados.
Influyente no dependiente	$E03 \cdot E13 \cdot E14 \cdot E15 \cdot E16$	Autoridades externas o actores con respaldo institucional propio. Inciden sobre el proyecto pero su agenda los excede.	Comunicación oportuna y formal. Anticipación de requerimientos. Reuniones de alineación en hitos contractuales.

Cuadrante	Interesados ubicados	Caracterización	Estrategia recomendada
Dependiente no influyente	<i>E11</i>	Actor cuya gestión depende del proyecto pero cuya capacidad de incidir es limitada en lo formal.	Salvaguardar y empoderar. Inclusión en mesas operativas, fortalecimiento de capacidades, canal de escalamiento.
Periférico	<i>(ningún interesado clave en este cuadrante)</i>	Cuadrante reservado para actores tangenciales que pudieran emerger durante la ejecución.	Monitoreo ligero. Reclasificación si se detecta cambio en la dependencia o la influencia.
Frontera (3,4) — caso especial	<i>E17 · E18</i>	Comunidades rural y urbana en zona límite. Su influencia es alta cuando se organizan, su dependencia es real (acceso a información predial).	Activar mecanismos participativos del Acuerdo Final de Paz y del enfoque multipropósito. Jornadas comunitarias y comités de socialización.

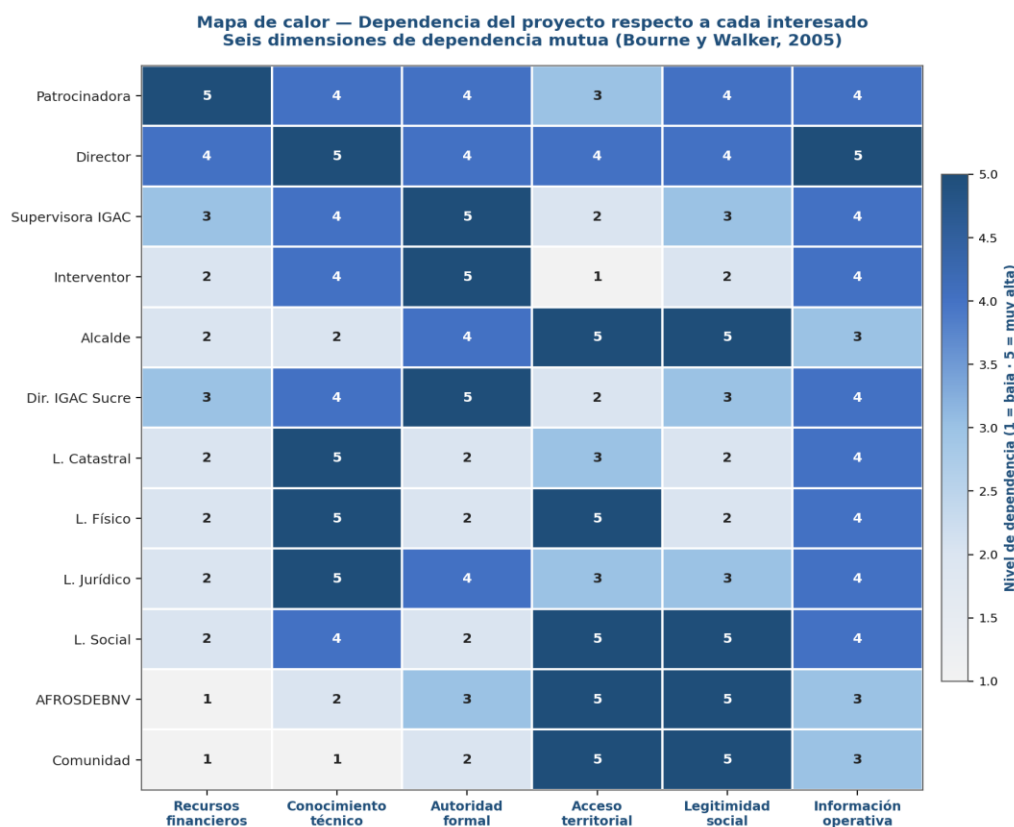
***Nota.** Construcción del autor. La principal lección de la matriz es que la mayor parte del esfuerzo de gestión debe concentrarse en el cuadrante influyente y dependiente, donde se ubica el núcleo operativo del operador catastral, mientras que las autoridades externas (cliente, interventoría y entes territoriales) demandan precisión y oportunidad en la comunicación más que intensidad.*

La lección principal de la matriz es que la mayor parte del esfuerzo de gestión debe concentrarse en el cuadrante influyente y dependiente, donde se ubica el núcleo operativo del operador, mientras que las autoridades externas (cliente, interventoría y entes territoriales) demandan precisión y oportunidad en la comunicación más que intensidad.

Para visualizar la distribución multidimensional de la dependencia, la Ilustración 29 presenta el mapa de calor del proyecto respecto a doce interesados clave en las seis dimensiones definidas por Bourne y Walker (2005).

Ilustración 29.

Mapa de calor de la dependencia del proyecto respecto a doce interesados clave, en seis dimensiones. Tomado y Adaptado de Bourne y Walker (2005).



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

El mapa de calor permite extraer cinco lecturas estratégicas:

- **Dependencia del talento crítico:** el proyecto depende del director (E02) y de los líderes técnicos (E04-E08) en conocimiento técnico, acceso territorial e información operativa, lo que justifica políticas de retención durante toda la ejecución.
- **Dependencia de autoridad formal:** la dependencia respecto a la supervisora IGAC (E03), el interventor (E13) y el director IGAC Sucre (E15) se concentra en autoridad formal, lo que sugiere protocolos de no objeción y aprobación documental rigurosos.
- **Dependencia bimodal del alcalde (E14):** muy alta en acceso territorial y legitimidad social, moderada en autoridad formal, baja en conocimiento técnico y recursos. Esto orienta el rol municipal hacia facilitación territorial y convocatoria comunitaria.

- **Dependencia crítica del territorio:** AFROSDEBUENAVISTA (E16) y las comunidades (E17, E18) son críticas en acceso territorial y legitimidad social; sin su anuencia, las operaciones de campo en las cinco UIT quedan comprometidas.
- **Dependencia comunicacional:** la conectividad limitada del territorio (3,1 % de acceso a internet) refuerza la dependencia en información operativa; los canales digitales no son suficientes y se requieren mecanismos presenciales y materiales impresos.

El análisis combinado de la matriz Dependencia × Influencia y del mapa de calor se traduce en cinco líneas de acción concretas que el operador debe incorporar en la ejecución, presentadas en la Tabla 57.

Tabla 57.

Líneas de acción derivadas del análisis de dependencia e influencia.

Línea de acción	Descripción	Responsable	Hito
Protocolo de retención del talento crítico	Establecimiento de mecanismos contractuales y de bienestar para sostener al núcleo técnico (E02, E04 a E08) durante la totalidad de la Fase 3. Incluye plan de relevo, mentoría cruzada y protocolo de gestión de ausencias inesperadas.	<i>E11 (TH-SST)</i>	Inicio Fase 0
Mesa permanente de no objeción y aprobación	Comité técnico semanal con la supervisión IGAC, la interventoría y el director del proyecto, para anticipar requerimientos de aprobación documental y reducir tiempos muertos en hitos contractuales.	<i>E02 + E03 + E13</i>	Continuo (H1 a H7)
Mesa étnico-territorial AFROSDEBUENAVISTA	Espacio bimensual con la asociación, su líder espiritual y delegados comunitarios. Cumple con la salvaguarda de la Resolución IGAC 338 de 2023 y garantiza el acceso territorial en UIT con presencia afrodescendiente.	<i>E07 (L. Social) + E16</i>	Antes de H2

Línea de acción	Descripción	Responsable	Hito
Jornadas comunitarias de socialización	Tres rondas presenciales por UIT (al inicio, en mitad y al cierre del ciclo operativo). Materiales gráficos en formato impreso ante la baja conectividad. Convocatoria mediante el alcalde, líderes comunitarios y la asociación étnica.	<i>E07 + E14 + E16</i>	H1, H4, H6
Sistema de información dual	Canal digital para los interesados con conectividad (E01 a E15) y canal presencial-físico para los interesados sin conectividad (E16, E17, E18). Ambos canales convergen en el repositorio documental del operador.	<i>E12 (SIG) + E10 (Admin)</i>	Continuo

Nota. Construcción del autor. Las cinco líneas de acción derivan directamente del análisis dimensional de la dependencia y se incorporan al Plan de Involucramiento de los Interesados y al Plan de Comunicaciones del proyecto.

El análisis dependencia $\times$ influencia agrega tres aportes a la matriz clásica de Mendelow: revela un núcleo operativo de diez interesados influyentes-dependientes que concentra el esfuerzo principal de gestión; identifica cinco interesados influyentes-no dependientes (cliente, interventoría, alcalde, IGAC Sucre y la asociación étnica) que exigen comunicación oportuna y formal; y mediante el mapa de calor prescribe cinco líneas de acción que ajustan el Plan de Involucramiento al perfil multidimensional del proyecto.

d. Formato para Resolución de Conflictos y Gestión de Expectativas

La coexistencia de actores con intereses diversos genera necesariamente situaciones de tensión. El PMBOK 8ª edición incorpora la gestión de conflictos como componente transversal

de los dominios Team y Stakeholders (PMI, 2025), subrayando que un conflicto bien gestionado es fuente de aprendizaje y mejora del producto. Esta subsección desarrolla cuatro instrumentos operativos: ficha estandarizada de registro, protocolo de escalamiento en cinco niveles, matriz de técnicas de manejo basada en Thomas y Kilmann (1974) e indicadores de desempeño.

Todo conflicto identificado debe registrarse en una ficha estandarizada que garantice trazabilidad y aprendizaje organizacional. La ficha FRC-001, presentada en el Anexo I. Ficha estandarizada de **registro de conflictos** — FRC-001, contiene once campos obligatorios: código único, fecha de apertura, tipo de conflicto en seis categorías, interesados involucrados, descripción objetiva, impacto potencial, nivel de escalamiento inicial, técnica de manejo Thomas-Kilmann recomendada, acciones acordadas, plazo de respuesta y resultado al cierre. La ficha se integra al registro de polémicas exigido por el PMBOK 8ª edición y al sistema ISO 9001:2015 del operador. Es de uso obligatorio para conflictos N2 a N5; los conflictos N1 pueden registrarse en bitácora simplificada del líder de componente.

El protocolo de escalamiento ordena la cadena de decisión desde la primera línea operativa hasta el comité técnico-jurídico contractual, definiendo para cada nivel una instancia decisora, un plazo máximo de respuesta y los criterios de escalamiento. La Ilustración 30 sintetiza la cadena y la Tabla 58 detalla los cinco niveles N1-N5.

Ilustración 30.

Protocolo de escalamiento de conflictos en cinco niveles



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

Tabla 58.

Detalle operativo del protocolo de escalamiento — niveles N1 a N5.

Nivel	Denominación	Instancia decisor	Tipos de conflicto aplicables	Plazo	Registro
N1	Operativo	Profesional de campo o líder técnico del componente	Conflictos técnicos menores, ajustes de programación local, dudas operativas resueltas in situ.	24 h	Bitácora
N2	Coordinación	Líder de componente + Coordinador de Calidad (E09)	Diferencias técnicas entre componentes, no conformidades menores, ajustes de criterios técnicos.	48 h	Ficha FRC
N3	Gerencia	Director del Proyecto (E02 — J.C. Peña)	Conflictos con impacto en cronograma menor a 5 d.h., decisiones de alcance que no requieren cambio contractual.	72 h	Ficha FRC + acta

Nivel	Denominación	Instancia decisora	Tipos de conflicto aplicables	Plazo	Registro
N4	Patrocinio	Patrocinadora (E01 — M.C. Lima) + Supervisión IGAC (E03)	Conflictos con impacto contractual, cambios de alcance, controversias con la interventoría, asuntos étnicos.	5 d.h.	Acta de comité + FRC + soporte
N5	Contractual	Comité técnico-jurídico contractual (art. 86, Ley 1474/2011)	Controversias contractuales graves, posibles incumplimientos, requerimientos de modificación bilateral.	10 d.h.	Acta jurídica + soportes técnicos completos

Nota. Construcción del autor. Los plazos de respuesta son máximos; pueden acortarse por decisión del director del proyecto. El conteo se realiza en horas calendario para N1 y N2, y en días hábiles (d.h.) para N3, N4 y N5.

Un conflicto escala al siguiente nivel cuando se cumple al menos una de cinco condiciones documentadas en la ficha FRC: vencimiento del plazo sin acuerdo; aparición de controversia sobre el alcance contractual no resuelta en el nivel actual; impacto cuantificado mayor a 5 días hábiles en cronograma o 2 % en costos sobre la línea base; afectación directa a comunidad étnica o requerimiento de consulta previa (Resolución 338 de 2023 del IGAC); o riesgo de no conformidad respecto a las normas IGAC 1040 de 2023, 746 de 2024 (LADM-COL) o al sistema ISO 9001:2015.

Asignado el nivel de escalamiento, la instancia decisora selecciona la técnica de manejo más adecuada según el Conflict Mode Instrument de Thomas y Kilmann (1974), que cruza dos dimensiones (asertividad y cooperación) y define cinco modos: colaborar, comprometer, competir, complacer y evitar. La Tabla 59 presenta la aplicación al proyecto con los casos de uso específicos y los riesgos asociados a cada técnica.

Tabla 59.

Técnicas de manejo Thomas–Kilman y su aplicación al proyecto

Técnica	Perfil (A · C)	Casos de uso en el proyecto	Riesgos / contraindicaciones
Colaborar	<i>A: alta · C: alta</i>	Conflictos técnico-comunitarios con AFROSDEBUENAVISTA (E16); ajustes prediales estructurales con propietarios; diferencias entre líderes de componente; controversias técnicas con la supervisión.	<i>Requiere tiempo y disposición de las partes. No es viable en situaciones con plazos perentorios.</i>
Comprometer	<i>A: media · C: media</i>	Tensiones de cronograma con la supervisión; ajustes presupuestales entre componentes; conflictos de prioridad entre cuentas de control.	<i>El acuerdo puede ser parcial y dejar ambas partes insatisfechas si no se documenta el sacrificio mutuo.</i>
Competir	<i>A: alta · C: baja</i>	Únicamente ante incumplimientos contractuales acreditados; protección de la línea base ante presiones externas no justificadas; defensa de criterios técnicos no negociables (LADM-COL, salvaguardas étnicas).	<i>Deteriora la relación. Su uso debe ser excepcional y soportado en evidencia documental robusta.</i>
Complacer	<i>A: baja · C: alta</i>	Cuestiones de forma con bajo impacto técnico — ajuste de formato de entregables, modificación de cronogramas de reuniones, atención a preferencias del cliente que no comprometen la línea base.	<i>Si se generaliza, debilita la posición técnica del operador. No aplicable en aspectos contractuales sustantivos.</i>
Evitar	<i>A: baja · C: baja</i>	Ruidos no relacionados con el alcance del contrato — controversias políticas locales, conflictos interpersonales menores entre actores externos, demandas no asociables a entregables del proyecto.	<i>No aplicable a conflictos con impacto en cronograma, costo, calidad o alcance. Su uso reiterado puede interpretarse como negligencia.</i>

Nota. Construcción del autor con base en Thomas y Kilman (1974). A = asertividad, C = cooperación. La técnica preferente en el proyecto es Colaborar por su capacidad de generar acuerdos sostenibles en un contexto multiactor con comunidades étnicas, pero el operador mantiene la flexibilidad de aplicar las cinco técnicas según el contexto específico.

La técnica preferente en el proyecto es Colaborar por su capacidad de generar acuerdos sostenibles en un contexto multiactor con comunidades étnicas, pero el operador mantiene flexibilidad de aplicar las cinco técnicas según el contexto específico.

Para hacer operativa la vigilancia continua del involucramiento que prescribe el PMBOK 8ª edición (PMI, 2025) se proponen seis indicadores con metas, frecuencias y responsables, presentados en la Tabla 60, que se incorporan al tablero de control y se reportan en los informes mensuales de gestión.

Tabla 60.

Indicadores de desempeño del Plan de Gestión de los Interesados.

Indicador	Fórmula	Meta	Frecuencia	Responsable
Índice de cierre oportuno de conflictos (ICOC)	$(\text{Conflictos cerrados dentro del plazo del nivel} \div \text{total de conflictos del período}) \times 100$	$\geq 90\%$	<i>Mensual</i>	<i>E09 — Calidad</i>
Tasa de escalamiento	$(\text{Conflictos que escalaron de nivel} \div \text{total de conflictos abiertos}) \times 100$	$\leq 25\%$	<i>Mensual</i>	<i>E09 + E02</i>
Conflictos N4-N5 no resueltos	Número absoluto de conflictos de nivel patrocinio o contractual abiertos al cierre del mes.	≤ 2 simultáneos	<i>Mensual</i>	<i>E02 — Director</i>
Índice de satisfacción del interesado (ISI)	Promedio ponderado de encuesta semestral aplicada a interesados clave (escala 1–5).	$\geq 4,0 / 5,0$	<i>Semestral</i>	<i>E07 — Líder Social</i>
Cumplimiento de jornadas comunitarias	$(\text{Jornadas realizadas} \div \text{jornadas programadas}) \times 100$	100%	<i>Por hito</i>	<i>E07 + E14</i>
Conformidad con salvaguardas étnicas	$(\text{Actuaciones con AFROSDEBUENAVISTA documentadas} \div \text{actuaciones requeridas}) \times 100$	100%	<i>Continuo</i>	<i>E07 + E16</i>

Nota. Construcción del autor. Los indicadores se reportan en el informe mensual de gestión del proyecto. El incumplimiento sostenido de cualquiera de los indicadores activa un proceso de revisión del plan ante el comité directivo del operador.

El incumplimiento sostenido de cualquiera de los indicadores activa un proceso de revisión del plan ante el comité directivo del operador.

El Formato de Resolución de Conflictos articula cuatro instrumentos complementarios: la ficha FRC-001 (**Anexo I**. Ficha estandarizada de registro de conflictos — FRC-001) garantiza registro y trazabilidad; el protocolo N1-N5 establece la cadena de decisión y los plazos; la matriz Thomas-Kilmann orienta la elección de la técnica de manejo; y los seis indicadores permiten el monitoreo continuo. En conjunto, materializan el dominio Stakeholders del PMBOK 8ª edición y aseguran un mecanismo formal para preservar las relaciones críticas con los actores que hacen posible el proyecto.

3.2.2. Plan de Gestión de Alcance

El Plan de Gestión del Alcance define cómo se planifica, controla y valida el trabajo necesario para producir los entregables del proyecto, y solo el trabajo necesario para producirlos (PMI, 2025). En el proyecto de Buenavista (Sucre) este componente articula las obligaciones contractuales del operador catastral ante el IGAC, los requisitos del catastro multipropósito establecidos en el marco normativo colombiano (Ley 1955 de 2019, CONPES 3958 de 2019, Resolución IGAC 1040 de 2023 y Resolución IGAC 746 de 2024) y los entregables académicos exigidos por el programa de Maestría en Gerencia de Proyectos.

El subacápite desarrolla siete componentes en arquitectura de lo declarativo a lo operativo: (a) Project Scope Statement como acta de declaración del alcance; (b) documento de requisitos; (c) matriz de trazabilidad que articula requisitos, entregables y criterios de aceptación; (d) formato de actas de cierre de fase y de proyecto; (e) línea base de alcance integrada por la

EDT/WBS hasta el quinto nivel ([Anexo M](#). EDT Detallada del proyecto); (f) Estructura de Desglose del Producto (EDP); y (g) diccionario de la EDT (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). El acápite articula tres dominios de desempeño del PMBOK 8ª edición: Planeación (línea base de alcance), Entregables (EDP y criterios de aceptación) y Grupos de Interés (matriz de trazabilidad).

a. Project Scope Statement (Acta de Declaración del Alcance)

El Project Scope Statement es el documento formal que describe el alcance del proyecto, los entregables principales, las exclusiones, los supuestos y las restricciones (PMI, 2025). Su propósito es proporcionar un entendimiento común del alcance entre los interesados clave y operar como referencia para el control de cambios durante la ejecución. La Tabla 61 sintetiza el Acta de Declaración del Alcance del proyecto.

Tabla 61.
Acta de Declaración del Alcance del proyecto (Project Scope Statement)

Componente	Descripción
Nombre del proyecto	Actualización catastral con enfoque multipropósito en el municipio de Buenavista (Sucre).
Descripción del producto	Conjunto de productos cartográficos, alfanuméricos, jurídicos, económicos y sociales que conforman la base de datos catastral final del municipio, estructurada bajo el modelo LADM-COL y entregada en formato XTF al IGAC, junto con la memoria técnica del proceso y los soportes documentales del componente social del Procedimiento de Diálogo e Interlocución con Enfoque Intercultural (PDI).
Descripción del alcance del proyecto	Ejecutar el proceso de actualización catastral multipropósito del universo predial del municipio de Buenavista, aplicando los métodos de levantamiento directo, indirecto, declarativo y colaborativo según corresponda, en las cinco Unidades de Intervención Territorial (UIT)

Componente	Descripción
	definidas por el operador catastral, dentro de un horizonte temporal de once meses calendario (240 días hábiles) y bajo el marco normativo de la Resolución IGAC 1040 de 2023 y la Resolución IGAC 746 de 2024.
Objetivo general del proyecto	Producir, validar y entregar al IGAC la base de datos catastral final del municipio de Buenavista bajo el modelo LADM-COL en formato XTF, con un índice de conformidad técnica Q igual o superior al 95%, mediante la ejecución coordinada de los cuatro componentes del catastro multipropósito (físico, jurídico, económico y social).
Objetivos específicos del proyecto	Levantar y registrar el componente físico de los predios del universo municipal mediante los cuatro métodos de captura definidos por la Resolución IGAC 1040 de 2023. Verificar el componente jurídico de los predios mediante el contraste con fuentes registrales y la determinación de la calidad jurídica de los interesados y la naturaleza de los predios. Producir el componente económico mediante la definición de Zonas Homogéneas Físicas (ZHF), Zonas Homogéneas Geoeconómicas (ZHG), tipologías constructivas y la liquidación de avalúos catastrales. Implementar el componente social mediante el Procedimiento de Diálogo e Interlocución con Enfoque Intercultural (PDI) en los cuatro niveles de interlocución definidos. Asegurar la calidad del producto mediante el sistema de control y aseguramiento basado en formatos del IGAC y el cumplimiento del índice Q.
Entregables principales del proyecto	Plan de Gestión Integral del Proyecto (PGIP) consolidado al Hito 1. Avances acumulados del levantamiento predial físico, jurídico y económico de los Hitos 2 al 6. Base de datos catastral final en formato XTF bajo modelo LADM-COL al Hito 7. Memoria técnica del proceso de actualización catastral con enfoque multipropósito al Hito 7. Informe de cierre del Procedimiento de Diálogo e Interlocución Social al Hito 7. Repositorio documental digitalizado del proyecto al Hito 7.
Criterios de aceptación	La base de datos catastral final cumple los criterios de validación topológica, consistencia gráfico-alfanumérica e integridad de atributos definidos en el Plan de Calidad del proyecto. El índice de conformidad técnica Q es igual o superior al 95%. La supervisión del IGAC otorga aprobación formal a cada entregable de cada hito conforme al Anexo Técnico del contrato y a las resoluciones IGAC 1040 de 2023 y 746 de 2024.

Componente	Descripción
Exclusiones del alcance (out of scope)	Conservación catastral posterior a la entrega del Hito 7. Procesos de formalización de la propiedad y saneamiento de títulos, que son competencia de otras entidades del Sistema de Administración del Territorio. Cobro del impuesto predial y actualización de la base tributaria municipal, que son competencia exclusiva del municipio. Resolución de conflictos de linderos, posesiones disputadas u otros litigios jurídicos, que se documentan pero se remiten a las instancias correspondientes. Operaciones catastrales en territorios distintos al municipio de Buenavista. Programas de inversión, construcción de infraestructura u otros proyectos de desarrollo territorial.
Supuestos del proyecto	La supervisión del IGAC mantiene los plazos de revisión y aprobación definidos en el Anexo Técnico. La comunidad participa en las jornadas de interlocución conforme a las convocatorias del componente social. Las condiciones climáticas y de orden público en el territorio permiten el desarrollo de las jornadas de levantamiento predial. La conectividad y disponibilidad de servicios tecnológicos en el municipio permiten la operación del software de captura QField y los sistemas de información geográfica. La normatividad catastral vigente al inicio del proyecto se mantiene estable durante la ejecución.
Restricciones del proyecto	Plazo contractual máximo de once meses calendario (240 días hábiles) desde el acta de inicio. Presupuesto formulado de \$6.278.000.000 incluida la utilidad del operador, con línea base de costos de \$3.896.200.000 y reservas de contingencia y de gestión. Modelo obligatorio LADM-COL en formato XTF para la entrega de la base de datos final. Conformidad obligatoria con la Resolución IGAC 1040 de 2023, la Resolución IGAC 746 de 2024, el CONPES 3958 de 2019 y la Ley 1955 de 2019. Personal mínimo definido por el Anexo Técnico del IGAC y vinculación mínima del 10% de personal del municipio de intervención conforme a las obligaciones contractuales.

Nota: Construcción del autor con base en el PMBOK 8ª edición (PMI, 2025) y los lineamientos del IGAC

Tres elementos del Acta merecen relevancia interpretativa. Primero, las exclusiones son tan importantes como las inclusiones en proyectos catastrales multipropósito, dado el riesgo permanente de scope creep derivado de las expectativas comunitarias sobre formalización de la propiedad y resolución de litigios. Segundo, los supuestos se articulan con la matriz de riesgos (subacápite 3.2.8): un supuesto incumplido se convierte automáticamente en un riesgo

materializado. Tercero, las restricciones operan como condiciones de frontera durante toda la ejecución y configuran el espacio de decisión del Director del Proyecto.

b. Documento de Requisitos

El documento de requisitos compila las condiciones que deben satisfacer los entregables para considerarse aceptables por los interesados. El PMBOK 8ª edición clasifica los requisitos en siete tipologías aplicadas en este proyecto: negocio, grupos de interés, funcionales de la solución, no funcionales de la solución, transición, proyecto y calidad (PMI, 2025). Cada requisito se asocia con uno o varios interesados del registro E01-E18 del subacápite 3.2.1 y se traduce en uno o varios entregables de la EDT. La Tabla 62 presenta la categorización con el número de requisitos por tipología y el origen normativo dominante.

Tabla 62.

Categorización de los requisitos del proyecto por tipología PMI

Tipología de requisito	Código	Nº req.	Origen normativo o institucional dominante
Negocio	RN	8	IGAC, Ley 1955/2019, CONPES 3958/2019, DNP.
Grupos de interés	RI	12	Comunidad municipal, Alcaldía, AFROSDEBUENAVISTA, supervisión IGAC.
Funcionales de la solución	RF	18	Resolución IGAC 1040/2023 y 746/2024, Anexo Técnico, modelo LADM-COL.
No funcionales de la solución	RNF	10	Plan de Calidad, ANS Anexo Técnico, ISO 9001:2015 adaptada.
Transición	RT	5	IGAC, gestor catastral habilitado, Sistema Nacional de Información Catastral.
Proyecto	RP	9	PMBOK 8ª ed., Anexo Técnico, marco institucional del operador catastral.

Tipología de requisito	Código	Nº req.	Origen normativo o institucional dominante
Calidad	RQ	12	Plan de Calidad del proyecto, formatos IGAC, índice de conformidad Q.
Total de requisitos identificados	N/A	74	<i>Compilación de requisitos del proyecto</i>

Nota: Construcción del autor con base en el PMBOK 8ª edición (PMI, 2025)

El proyecto identifica 74 requisitos en total, distribuidos en las siete tipologías. De ellos, 43 tienen prioridad Alta y 18 son considerados críticos prioritarios por el equipo del proyecto, en tanto su incumplimiento compromete la aceptación del producto final por parte del IGAC o configura un riesgo de incumplimiento contractual. Los 18 críticos prioritarios constituyen un subconjunto especialmente relevante de los 43 marcados como prioridad Alta y no equivalen a la totalidad de esa categoría. El registro maestro completo de los 74 requisitos, con código único, descripción, origen, prioridad, marca de crítico prioritario, criterio de aceptación, entregable asociado, hito y estado, se encuentra en el Anexo I. Ficha estandarizada de **registro de conflictos** — FRC-001

Anexo J. Registro maestro de los 74 requisitos del proyecto. La síntesis específica de los 18 críticos prioritarios con su origen institucional y entregable asociado de la EDT se detalla en el Anexo K. Requisitos críticos prioritarios **del proyecto** (18 requisitos).

La compilación arroja tres lecturas estructurales. El peso de los requisitos funcionales (18) y de calidad (12) refleja la naturaleza técnica del producto catastral, cuya aceptación depende del cumplimiento de estándares verificables más que de elementos discrecionales. Los requisitos de los grupos de interés (12) reflejan la complejidad social del proyecto: la articulación con la comunidad afrodescendiente de Buenavista representada por AFROSDEBUENAVISTA y las salvaguardas étnicas configuran un eje sustantivo del alcance. Los 18 requisitos críticos

prioritarios constituyen el núcleo de aceptación del producto y articulan directamente con el sistema de gestión de calidad del subacápite 3.2.6.

c. Matriz de Trazabilidad de Requisitos

La matriz de trazabilidad articula los requisitos identificados con los demás componentes del Plan de Gestión del Proyecto. Su propósito, conforme al PMBOK 8ª edición (PMI, 2025), es hacer visible la cadena de valor que conecta cada requisito con la necesidad del interesado que lo origina, el entregable que lo materializa, el criterio que lo verifica y el hito que lo formaliza. La matriz permite además controlar el scope creep durante la ejecución: cualquier solicitud de cambio debe articularse con un requisito previamente registrado o configurar formalmente un nuevo requisito mediante el proceso de control integrado de cambios.

La matriz se estructura mediante siete campos articuladores que permiten la trazabilidad bidireccional del requisito: ID del requisito (codificación RN, RI, RF, RNF, RT, RP, RQ), interesado origen del registro E01-E18 del subacápite 3.2.1, necesidad o expectativa específica, paquete EDT asociado del nivel 4 o 5, criterio de aceptación articulado con el Plan de Calidad (subacápite 3.2.6), e hito contractual H0 a H7 del cronograma maestro.

El registro maestro del Anexo I. Ficha estandarizada de **registro de conflictos** — FRC-

Anexo J. Registro maestro de los 74 requisitos del proyecto, incluye todos los campos de la matriz de trazabilidad para los 74 requisitos del proyecto. El extracto representativo con doce requisitos seleccionados de las siete tipologías, articulados con los interesados origen del subacápite 3.2.1 y con los paquetes de trabajo de la EDT consignada en el **Anexo M**. EDT Detallada del proyecto, se presenta en el Anexo L. Extracto representativo de **la matriz de trazabilidad** (12 requisitos)

El análisis del extracto evidencia tres patrones estructurales del proyecto. La concentración del Hito 7 como punto de cierre de los requisitos críticos: ocho de los doce requisitos del extracto se validan formalmente en el Hito, lo que confirma su naturaleza de hito de aceptación final del producto. La articulación transversal de los requisitos no funcionales y normativos no se valida en un hito puntual sino en auditorías documentales recurrentes durante toda la ejecución. La centralidad de la supervisión del IGAC (E03) como interesado origen o validador en la mayoría de los requisitos críticos refuerza la importancia de la estrategia de gestión de este interesado en el componente 3.2.1.b del Plan de Gestión de Interesados.

d. Actas de Cierre de Proyecto o Fase

Las actas de cierre son instrumentos formales mediante los cuales se valida y se documenta la aceptación del alcance entregado en cada fase del proyecto y en su cierre integral. El PMBOK 8ª edición las inscribe en el dominio de Trabajo del Proyecto y en el principio de centrarse en el valor: su función no es meramente administrativa sino que constituye la transferencia formal del valor producido a los interesados validadores (PMI, 2025). El proyecto

ha diseñado dos plantillas operativas: una de cierre de fase aplicable al término de las cinco fases (Fase 0 a Fase 4), y una de cierre del proyecto aplicable al término del Hito 7.

La plantilla de Acta de Cierre de Fase (Tabla 63), diligenciada al término de cada fase, integra trece secciones que cubren: identificación de la fase y del director, objeto y entregables producidos, cumplimiento del alcance, del cronograma (con SPI), del presupuesto (con CPI) y de calidad (con índice Q), solicitudes de cambio gestionadas, riesgos materializados, lecciones aprendidas, transferencia a la fase siguiente y firmas de validación.

Tabla 63.

Plantilla de Acta de Cierre de Fase del proyecto

Sección del Acta	Contenido a diligenciar
1. Identificación de la fase	Código de fase: ____ Nombre: _____ Período: del __/__/____ al __/__/____ Hito asociado: ____
2. Director del Proyecto	Nombre: _____ Cargo: _____
3. Objeto de la fase	Describir en máximo 5 líneas el objeto principal de la fase y los entregables comprometidos. Hacer referencia a los paquetes de trabajo del EDT (Anexo M) asociados a la fase.
4. Entregables producidos en la fase	Listar los entregables verificables producidos en la fase con su código (Ex.x.x conforme a Anexo Técnico) y estado (Aprobado / Pendiente / Devuelto).
5. Cumplimiento del alcance	Indicar el porcentaje de cumplimiento del alcance comprometido en la fase. En caso de cumplimiento parcial, detallar entregables pendientes y su tratamiento.
6. Cumplimiento del cronograma	Indicar fecha planeada vs. fecha real de cierre de la fase. Calcular el SPI (Schedule Performance Index) y registrar las desviaciones materiales.
7. Cumplimiento del presupuesto	Indicar presupuesto planeado vs. ejecutado de la fase. Calcular el CPI (Cost Performance Index) y registrar las desviaciones materiales.

Sección del Acta	Contenido a diligenciar
8. Cumplimiento de calidad	Indicar el cumplimiento del índice de conformidad técnica Q de la fase. Reportar los hallazgos de las inspecciones y auditorías ejecutadas conforme al Plan de Calidad (subacápite 3.2.6).
9. Solicitudes de cambio gestionadas	Listar las solicitudes de cambio originadas o cerradas durante la fase. Indicar estado (Aprobada / Rechazada / En curso) y la decisión del Comité de Control de Cambios.
10. Riesgos materializados y respuestas	Listar los riesgos materializados durante la fase y las respuestas ejecutadas. Hacer referencia a la matriz de riesgos del subacápite 3.2.8.
11. Lecciones aprendidas de la fase	Documentar las lecciones aprendidas clasificadas por categoría (técnica, operativa, social, financiera) y tipo (buena práctica, problema, oportunidad de mejora). Insumo del repositorio del Hito 7.
12. Transferencia a la fase siguiente	Detallar los productos y conocimientos que se transfieren a la fase siguiente, los responsables receptores y la fecha de transferencia.
13. Validación y firmas	Firma del Director de Proyecto, del Coordinador de Calidad y del validador externo (supervisión IGAC cuando aplique). Espacios para nombre, cargo, fecha y firma.

Nota. Construcción del autor con base en el PMBOK 8ª edición (PMI, 2025)

La plantilla de Acta de Cierre del Proyecto (Tabla 64), diligenciada al término del Hito 7, integra quince secciones que adicionalmente cubren el resumen ejecutivo, la validación final del IGAC, el balance del componente social y del sistema de riesgos, las lecciones aprendidas consolidadas, el cierre administrativo y contractual, la transferencia al gestor catastral habilitado y la aceptación final.

Tabla 64.

Plantilla de Acta de Cierre del Proyecto

Sección del Acta	Contenido a diligenciar
1. Identificación del proyecto	Nombre: Actualización catastral con enfoque multipropósito Municipio de Buenavista (Sucre). Período: del __/__/____ al __/__/____.

Sección del Acta	Contenido a diligenciar
2. Director del Proyecto y patrocinadora	Nombre del Director: _____. Nombre de la patrocinadora: _____.
3. Resumen ejecutivo del proyecto	Síntesis del proyecto en máximo una página: objeto, alcance, productos entregados, métricas de cumplimiento y resultado integral.
4. Cumplimiento integral del alcance	Reportar el cumplimiento del alcance comprometido en el Project Scope Statement (subacápite 3.2.2.a). Listar los entregables principales del proyecto con su estado final (Aceptado / Aceptado con observaciones / Pendiente).
5. Cumplimiento del cronograma integral	Reportar el desempeño integral del cronograma: SPI consolidado, hitos cumplidos en plazo, hitos con desviación y análisis de causas. Hacer referencia al subacápite 3.2.4.
6. Cumplimiento del presupuesto integral	Reportar el desempeño integral del presupuesto: CPI consolidado, ejecución por fase, manejo de reservas de contingencia y de gestión. Hacer referencia al subacápite 3.2.5.
7. Cumplimiento del índice de calidad Q	Reportar el valor final del índice Q del proyecto (objetivo $\geq 95\%$) y la verificación de cumplimiento del Plan de Calidad. Hacer referencia al subacápite 3.2.6.
8. Validación final del IGAC	Constancia de la aprobación formal de la base catastral final XTF, la memoria técnica, los productos del PDI y el repositorio documental por parte de la supervisión del IGAC. Adjuntar acta de validación y oficio de aceptación.
9. Balance del componente social	Síntesis del cumplimiento del Procedimiento de Diálogo e Interlocución con Enfoque Intercultural en los cuatro niveles. Reporte de los acuerdos con la comunidad y del estado final de las salvaguardas étnicas.
10. Balance del sistema de gestión de riesgos	Reporte integral de la materialización de riesgos durante la ejecución, las respuestas ejecutadas y la efectividad de las reservas de contingencia. Hacer referencia al subacápite 3.2.8.
11. Solicitudes de cambio del proyecto	Reporte consolidado de las solicitudes de cambio gestionadas durante el proyecto. Análisis de su impacto en alcance, cronograma, presupuesto y calidad.
12. Lecciones aprendidas consolidadas	Compilación de las lecciones aprendidas del proyecto clasificadas por categoría y tipo. Documento integral para el repositorio organizacional. Identificación de buenas prácticas replicables en futuros proyectos catastrales.

Sección del Acta	Contenido a diligenciar
13. Cierre administrativo y contractual	Constancia del cierre administrativo: paz y salvos del equipo del proyecto, liquidación de obligaciones laborales y proveedoras, archivo documental al IGAC y al operador catastral. Soporte para la liquidación del contrato.
14. Transferencia al gestor catastral	Constancia de la transferencia formal del producto al gestor catastral habilitado o al IGAC en su rol subsidiario, conforme a las disposiciones de las Resoluciones IGAC 1040/2023 y 746/2024.
15. Reconocimientos y aceptación final	Reconocimiento al equipo del proyecto. Aceptación final del producto y del proyecto. Firmas del Director del Proyecto, la patrocinadora, el Coordinador de Calidad y la supervisión del IGAC.

Nota. Construcción del autor con base en el PMBOK 8ª edición (PMI, 2025)

Las dos plantillas operan articuladamente con el resto del Plan de Gestión del Proyecto. Las actas de cierre de fase se articulan con la matriz de riesgos (3.2.8) mediante el registro de riesgos materializados y la efectividad de las respuestas; con el Plan de Calidad (3.2.6) mediante el reporte del índice Q de la fase; y con los subacápites de cronograma (3.2.4) y costos (3.2.5) mediante el reporte del SPI y el CPI por fase. El Acta de Cierre del Proyecto integra todos los componentes del Plan en un balance final que opera como insumo del cierre contractual y como punto de partida del repositorio de lecciones aprendidas para futuros proyectos catastrales.

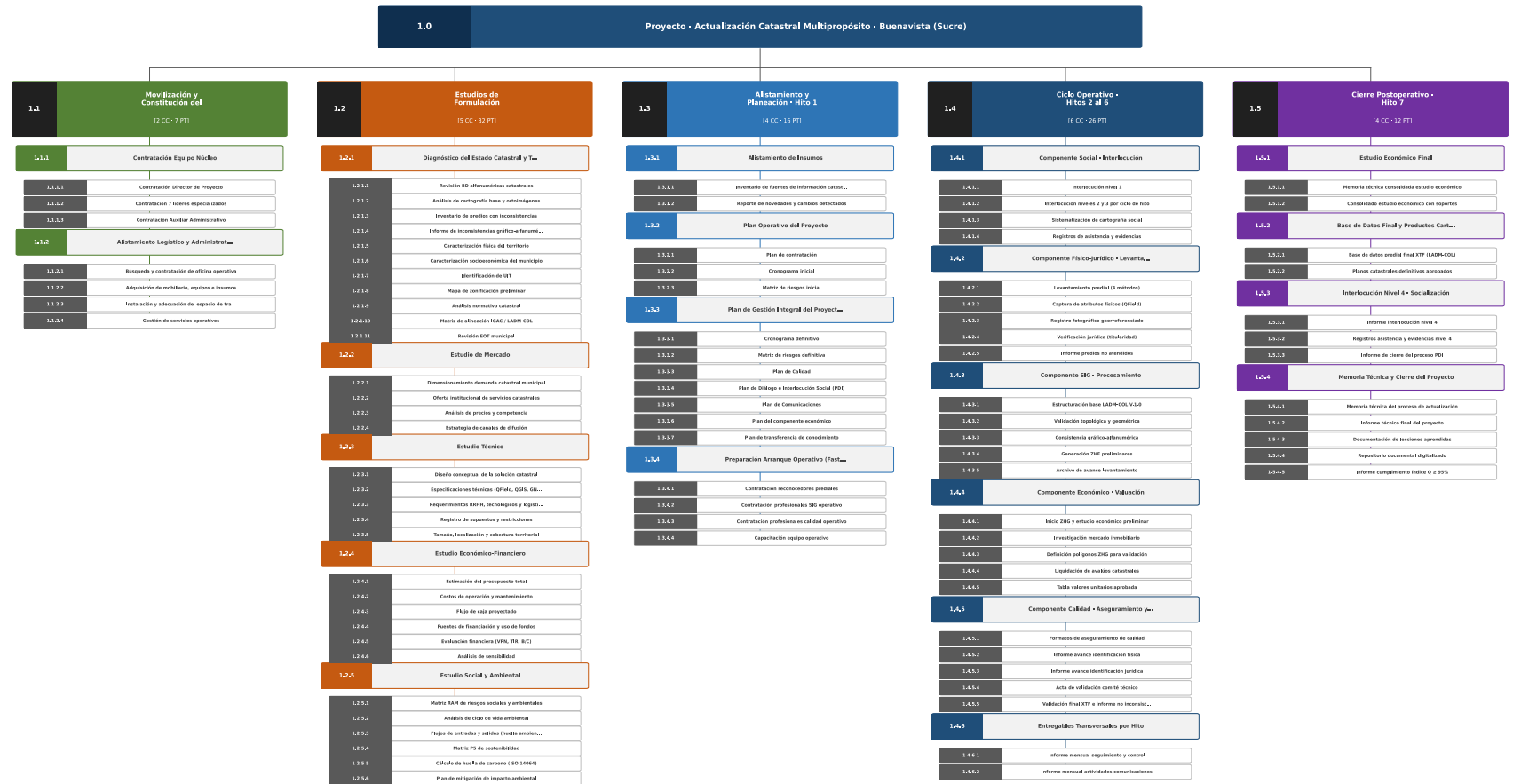
e. Línea Base de Alcance con EDT/WBS a Quinto Nivel de Desagregación

La Estructura de Desglose del Producto (EDP), también denominada Product Breakdown Structure (PBS), es una representación jerárquica del producto del proyecto y de los subproductos que lo conforman, ordenada por componentes y no por trabajo. La EDP responde a la pregunta ¿qué se entrega?, mientras que la EDT/WBS responde a la pregunta ¿qué se hace? (PMI, 2025). La EDP descompone el producto por componentes y termina en subproductos o

entregables verificables, mientras que la EDT descompone el trabajo por actividades y termina en paquetes de trabajo; la EDP corresponde al dominio de Entregables del PMBOK 8ª edición, mientras que la EDT (Ilustración 31) corresponde al dominio de Planeación. En la práctica contemporánea ambas se construyen articuladamente y la articulación se materializa en la matriz de trazabilidad del subacápite 3.2.2.c.

Ilustración 31.

EDT Proyecto



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

El detalle completo de la EDT/WBS hasta el quinto nivel de desagregación, con la totalidad de las cuentas de control, los paquetes de trabajo y sus actividades agregadas y la asignación de responsables por paquete, se encuentra consignado en el Anexo L. Extracto representativo de **la matriz de trazabilidad** (12 requisitos)

Anexo M. EDT Detallada del proyecto.

f. EDP

La Estructura de Desglose del Producto (EDP), también denominada Product Breakdown Structure (PBS), es una representación jerárquica del producto del proyecto y de los subproductos que lo conforman, ordenada por componentes y no por trabajo. La EDP responde a la pregunta ¿qué se entrega?, mientras que la EDT/WBS responde a la pregunta ¿qué se hace? (PMI, 2025). La EDP descompone el producto por componentes y termina en subproductos o entregables verificables, mientras que la EDT descompone el trabajo por actividades y termina en paquetes de trabajo; la EDP corresponde al dominio de Entregables del PMBOK 8ª edición, mientras que la EDT corresponde al dominio de Planeación. En la práctica contemporánea ambas se construyen articuladamente y la articulación se materializa en la matriz de trazabilidad del subacápite 3.2.2.c.

El producto del proyecto se descompone en cinco componentes principales que reflejan los cuatro componentes técnicos del catastro multipropósito definidos por la Resolución IGAC 1040 de 2023 (físico, jurídico, económico y social), complementados por un componente transversal de calidad y documentación del proceso. La Tabla 65 presenta la EDP del producto catastral del proyecto hasta el tercer nivel de desagregación.

Tabla 65.*Estructura de Desglose del Producto (EDP)*

Cód.	Componente (Nivel 2)	Subproducto (Nivel 3)	Entregable contractual
P.0	Producto integral	Base catastral multipropósito municipal	<i>E3.2.1 Base de datos final LADM-COL formato XTF</i>
P.1	Componente físico	P.1.1 Base de datos predial física con atributos (área, construcciones, uso)	<i>E2.4.1 / E2.4.3</i>
		P.1.2 Cartografía catastral del universo predial con validación topológica	<i>E2.4.4</i>
		P.1.3 Informe de identificación física y predios no atendidos	<i>E2.4.5</i>
P.2	Componente jurídico	P.2.1 Registro de calidad jurídica de los interesados y naturaleza predial	<i>E2.4.6</i>
		P.2.2 Soportes documentales y verificación con fuentes registrales	<i>Incluido en E2.4.6</i>
P.3	Componente económico	P.3.1 Zonas Homogéneas Físicas (ZHF) del universo predial	<i>E2.4.8</i>
		P.3.2 Zonas Homogéneas Geoeconómicas (ZHG) del universo predial	<i>E2.4.9</i>
		P.3.3 Tipologías constructivas y tabla de valores unitarios aprobada	<i>E2.4.7 / E2.7.2.1</i>
		P.3.4 Liquidación de avalúos catastrales del universo predial	<i>E2.4.10</i>
		P.3.5 Memoria técnica del estudio económico consolidada	<i>E3.1.1</i>

Cód.	Componente (Nivel 2)	Subproducto (Nivel 3)	Entregable contractual
P.4	Componente social	P.4.1 Informes de interlocución niveles 1 a 4 con registros y evidencias	<i>E2.1.1 / E2.2.1 / E3.3.1</i>
		P.4.2 Cartografía social participativa sistematizada	<i>Incluido en E2.1.1 y E2.2.1</i>
		P.4.3 Informe de cierre del Procedimiento de Diálogo e Interlocución (PDI)	<i>E3.3.4</i>
P.5	Componente transversal de calidad y documentación	P.5.1 Plan de Calidad del proyecto y formatos de control	<i>E1.2.1.3</i>
		P.5.2 Informe de no inconsistencias y acta de validación del gestor catastral	<i>E2.7.2.2</i>
		P.5.3 Memoria técnica integral del proceso de actualización catastral	<i>E3.4.1</i>
		P.5.4 Repositorio documental digitalizado del proyecto	<i>Cláusula contractual de entrega</i>
		P.5.5 Informe de cumplimiento del índice de conformidad $Q \geq 95\%$	<i>Producto integrador del Hito 7</i>

Nota: Construcción del autor con base en la Resolución IGAC 1040 de 2023, la Resolución IGAC 746 de 2024 y el PMBOK 8ª edición (PMI, 2025).

La EDP evidencia tres rasgos estructurales del producto. El componente económico (P.3) concentra el mayor número de subproductos (cinco), lo que refleja su complejidad técnica: las Zonas Homogéneas Físicas, las Zonas Homogéneas Geoeconómicas, las tipologías constructivas, los avalúos y la memoria técnica del estudio económico operan como una cadena de valor donde cada subproducto es insumo del siguiente.

g. Diccionario de la WBS

El diccionario de la WBS es el complemento normativo de la EDT (PMI, 2025): mientras la EDT presenta la estructura jerárquica del trabajo del proyecto, el diccionario describe el contenido sustantivo de cada paquete de trabajo. Junto con el Acta de Declaración del Alcance del subacápite 3.2.2.a, ambos documentos constituyen la línea base de alcance del proyecto. En el proyecto, el diccionario se ha desarrollado para todos los paquetes de trabajo de cuarto nivel de la EDT bajo una plantilla común que integra doce campos: código y nombre del paquete, descripción del alcance, objetivo, entregable verificable, criterio de aceptación, actividades en infinitivo del nivel 5, responsable principal, recursos requeridos, duración estimada en días hábiles, hito contractual asociado, supuestos y restricciones aplicables. La plantilla completa y el diccionario completo de los paquetes de trabajo se encuentran consignados en el [Anexo N](#)

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..

3.2.3. Plan de Gestión de Comunicaciones

El Plan de Gestión de las Comunicaciones del proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito del municipio de Buenavista (Sucre) traduce el dominio *Communications* del PMBOK 8ª edición en tres procesos articulados: planificar, gestionar y monitorear las comunicaciones (PMI, 2025). Estos procesos se integran con los dominios de *Stakeholders*, *Team*, *Planning* y *Project Work*, de modo que cada decisión comunicacional se sustenta en la caracterización de los dieciocho interesados clave del subacápite 3.2.1, en la estructura de roles del subacápite 3.2.2 y en el ciclo de hitos del cronograma maestro. Aplicando la fórmula clásica

de canales potenciales del PMBOK 8ª edición ($n(n-1)/2$, con $n=18$) se obtienen 153 canales bidireccionales posibles entre los actores del proyecto, lo cual exige racionalizar y formalizar la matriz de comunicaciones para evitar dispersión informativa y pérdida de trazabilidad (PMI, 2025).

La planificación se ajusta, adicionalmente, a dos condiciones del contexto territorial documentadas en los estudios de mercado y social-ambiental: una tasa de alfabetismo del 86,8 % y un acceso a internet del 3,1 %, que descartan los canales exclusivamente digitales como vía principal de comunicación comunitaria y obligan a privilegiar canales presenciales, medios físicos impresos y modalidades comunitarias de difusión, articulados con los cuatro niveles de interlocución del Plan de Diálogo e Interlocución Social con enfoque intercultural (Ministerio del Interior, 2022; IGAC, 2023b). El subacápite se organiza en tres componentes: la matriz de comunicaciones (3.2.3.a), el flujograma con procesos de escalamiento (3.2.3.b) y el glosario de terminología común (3.2.3.c). La matriz consolidada de las veinte comunicaciones formales se presenta en el Anexo N. Diccionario de datos **EDT**

Anexo Ñ. Matriz de comunicaciones y el glosario completo en el Anexo O. Glosario de terminología **común**; el cuerpo del subacápite desarrolla las síntesis operativas, las herramientas de escalamiento y las reglas de uso indispensables para la gestión del proyecto.

a. Matriz de Comunicaciones

La matriz de comunicaciones constituye la herramienta fundamental del proceso planificar la gestión de las comunicaciones del PMBOK 8ª edición y operacionaliza el principio de compromiso efectivo con los interesados (PMI, 2025). Responde de manera sistemática a las

seis preguntas clásicas de la gerencia comunicacional (qué, quién emite, quién recibe, cuándo, cómo y en qué formato) e incorpora dos dimensiones adicionales pertinentes para el proyecto: nivel de confidencialidad según la Ley 1581 de 2012 y responsable de elaboración o aprobación según la cadena de autoridad del subacápite 3.2.2. Su diseño se sustenta en cinco criterios articulados: cobertura integral de los flujos descendente, ascendente, horizontal y externo; diferenciación por categoría; periodicidad ajustada al ritmo de los hitos H1 a H7; adecuación cultural en canales comunitarios; y trazabilidad documental para comunicaciones con efectos contractuales, técnicos o decisorios. Los componentes estructurales que cada comunicación de la matriz debe describir se sintetizan en la Tabla 66.

Tabla 66.

Componentes estructurales de la matriz de comunicaciones del proyecto.

Componente	Descripción	Fundamento
ID	Identificador único de la comunicación con formato C##.	<i>Trazabilidad y referencia cruzada con flujograma.</i>
Información	Nombre y contenido sustantivo de la comunicación.	<i>PMBOK 8ª ed. — proceso planificar comunicaciones.</i>
Origen	Rol o equipo responsable de elaborar y emitir.	<i>Articulación con organigrama del subacápite 3.2.2.</i>
Destinatarios	Roles, equipos o públicos que reciben la comunicación.	<i>Articulación con registro de interesados 3.2.1.a.</i>
Propósito	Objetivo comunicacional: informar, decidir, validar, escalar.	<i>Modelo emisor-receptor (Shannon-Weaver adaptado).</i>
Periodicidad	Frecuencia o evento que dispara la comunicación.	<i>Articulación con cronograma maestro y curva S.</i>
Método y canal	Modalidad (presencial, escrita, digital, mixta) y medio.	<i>Adaptación a contexto: alfabetismo 86,8 %; internet 3,1 %.</i>
Formato	Plantilla o documento estandarizado de soporte.	<i>Aseguramiento de calidad ISO 9001:2015.</i>
Responsable	Rol que aprueba o garantiza la emisión efectiva.	<i>Cadena de autoridad — matriz RACI del 3.2.2.</i>

Confidencialidad	Pública · interna · restringida · reservada.	<i>Ley 1581 de 2012 — protección de datos personales.</i>
-------------------------	--	---

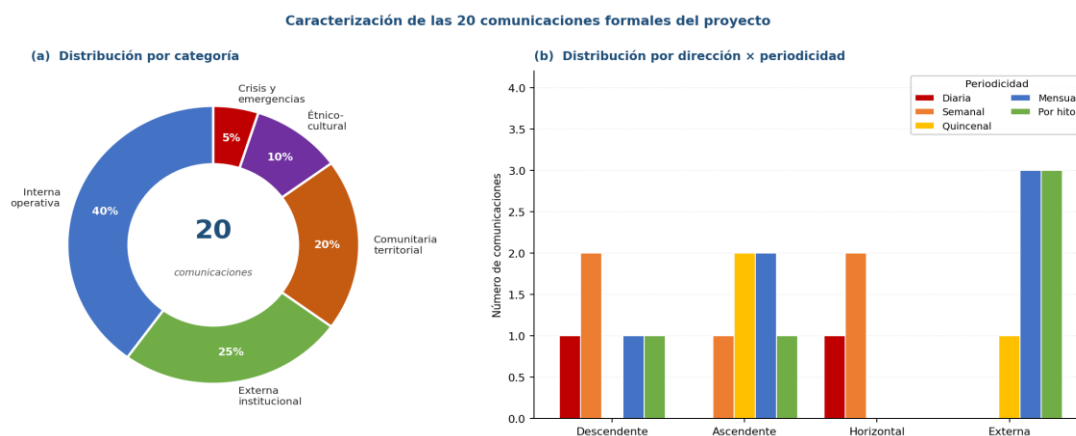
Nota. Construcción del autor con base en PMI (2025).

El proyecto define veinte comunicaciones formales que cubren la totalidad del ciclo de vida, desde la firma del acta de inicio hasta la liquidación del contrato, y se agrupan en cinco categorías cuya distribución revela tres rasgos estructurales del esquema comunicacional. El primer rasgo es el predominio de las comunicaciones internas operativas (40 %), que reflejan la coordinación intensa entre los cinco componentes del proyecto (catastral, físico, jurídico, social y económico). El segundo rasgo es la proporción significativa de comunicaciones externas institucionales (25 %) y comunitarias territoriales (20 %), que responden a la doble naturaleza pública del producto catastral y a la condición de proceso participativo con enfoque diferencial. El tercer rasgo es la presencia de una franja menor de comunicaciones étnico-culturales (10 %) y de crisis y emergencias (5 %) que, pese a su menor frecuencia, concentran la mayor exigencia de adecuación cultural y de respuesta inmediata, respectivamente. Esta distribución es congruente con la categorización Mendelow desarrollada en el subacápite 3.2.1.b (Ilustración 32).

Ilustración 32.

Caracterización de las veinte comunicaciones formales del proyecto³

³ Caracterización de las veinte comunicaciones formales del proyecto: (a) distribución por las cinco categorías definidas; (b) distribución por combinación de dirección y periodicidad.



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

La matriz detallada de las veinte comunicaciones formales (C01 a C20), con sus diez atributos por comunicación y los códigos de interesados E01 a E18 referidos al registro consolidado del subacápite 3.2.1.a, se presenta en el Anexo N. Diccionario de datos **EDT**

Anexo Ñ. Matriz de comunicaciones. Cuatro de estas veinte comunicaciones incorporan aprobaciones externas que constituyen dependencias críticas para el cronograma: los mensajes ambientales emitidos en C14, C15 y C16 requieren validación previa de la Subdirección de Proyectos del IGAC; los materiales con adecuación intercultural de C19 requieren validación expresa de AFROSDEBUENAVISTA, reconocida por la Resolución 265 de 2022 del Ministerio del Interior, en cumplimiento de las salvaguardas étnicas establecidas por la Resolución 338 de 2023 del IGAC; y el protocolo de crisis C20 exige activación del director del proyecto como vocero único, con escalamiento directo a la patrocinadora en crisis de impacto mayor. En paralelo, el régimen de confidencialidad clasifica las comunicaciones en cuatro niveles articulados con la Ley 1581 de 2012 sobre protección de datos personales y la Ley 594 de 2000 sobre gestión documental, con custodia documental y plazos de archivo diferenciados según el

nivel, contados desde el cierre administrativo y financiero del proyecto, tal como se sintetiza en la Tabla 67.

Tabla 67.

Régimen de confidencialidad y trazabilidad de las comunicaciones

Nivel	Definición	Comunicaciones aplicables	Custodia y plazo de archivo
Pública	Información destinada a difusión abierta hacia la comunidad y la opinión pública. No contiene datos personales ni información reservada.	<i>C13, C14, C15, C16, C19</i>	Repositorio público del proyecto · archivo del operador · 5 años posteriores al cierre.
Interna	Información para el equipo del proyecto y los aliados directos. Su circulación fuera del equipo requiere autorización del director.	<i>C01, C02, C03, C04, C05, C06, C07, C08, C09</i>	Repositorio interno del operador · respaldo en oficina técnica · 5 años.
Restringida	Información con efectos contractuales o decisorios. Contiene datos sensibles, información económica o jurídica de la población titular.	<i>C10, C11, C12, C17, C18</i>	Archivo controlado · acceso por rol · 10 años (Ley 594 de 2000).
Reservada	Información asociada al protocolo de crisis. Su manejo está sometido a vocería única y protocolo cerrado.	<i>C20</i>	Archivo cifrado · acceso solo por dirección y patrocinio · 10 años.

Nota. Construcción del autor con base en Ley 1581 de 2012 sobre protección de datos personales y Ley 594 de 2000 sobre gestión documental. Los plazos de archivo se cuentan a partir del cierre administrativo y financiero del proyecto.

En conjunto, el Plan formaliza veinte comunicaciones distribuidas en ocho internas operativas (C01–C08) y doce dirigidas a actores externos institucionales, comunitarios, étnicos o de crisis (C09–C20). La matriz responde íntegramente a los diez atributos exigidos por el PMBOK 8ª edición y a las particularidades del contexto territorial: alfabetismo del 86,8 %, conectividad del 3,1 %, presencia de AFROSDEBUENAVISTA y régimen contractual con aprobaciones externas.

b. Flujograma de las Comunicaciones

El flujograma de las comunicaciones representa el segundo entregable del proceso planificar la gestión de las comunicaciones y operacionaliza la lógica de circulación de la información a través de la estructura organizacional del proyecto (PMI, 2025). A diferencia de la matriz, que describe el qué, quién, cuándo y cómo de cada comunicación individual, el flujograma describe cómo se conectan entre sí las comunicaciones, qué rutas siguen los flujos de información entre los grandes niveles del proyecto y qué mecanismos de escalamiento se activan cuando una situación rutinaria excede la capacidad de respuesta del nivel en el que se origina. El diseño aplica el paradigma de procesos por carriles funcionales (*swim lanes*) recomendado por el PMBOK 8ª edición y las normas BPMN 2.0 (PMI, 2025; OMG, 2014), que permite representar simultáneamente la dimensión temporal de las actividades comunicacionales y la dimensión jerárquica de la responsabilidad.

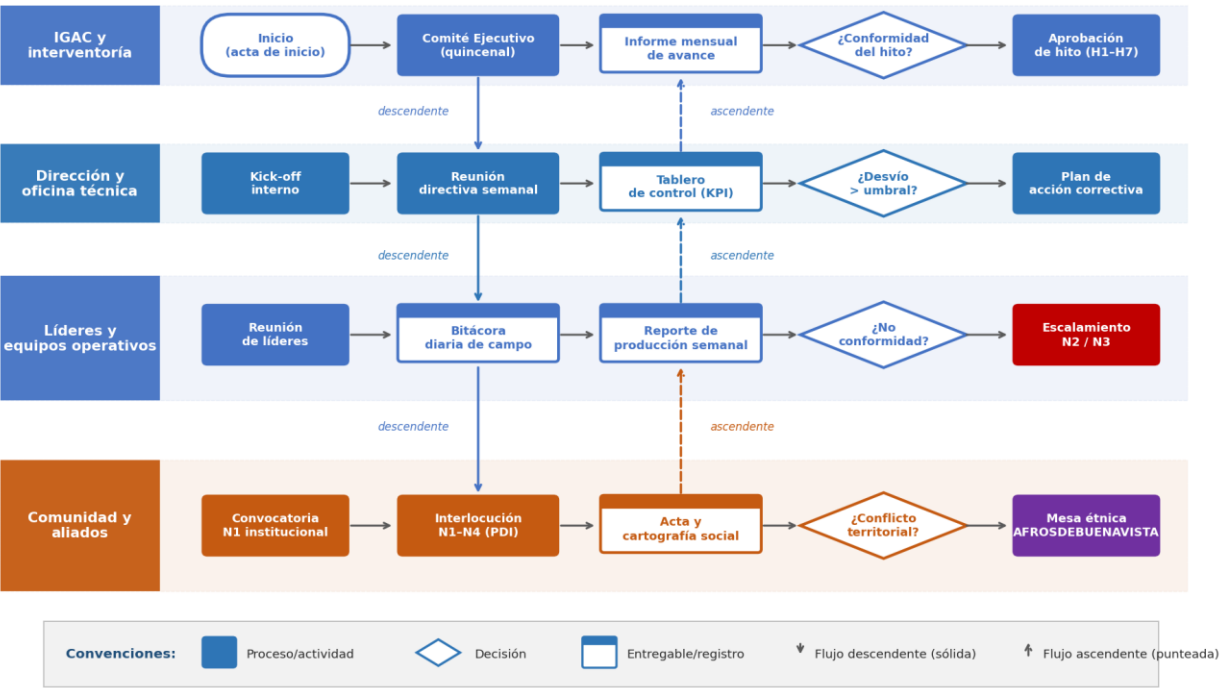
El flujograma organiza el flujo comunicacional en cuatro carriles funcionales correspondientes a los niveles de la estructura organizacional del proyecto: el primero agrupa al IGAC y a la interventoría, instancias de autoridad institucional y control externo del contrato; el segundo agrupa a la dirección y a la oficina técnica del operador catastral, instancia de planeación, decisión y monitoreo; el tercero agrupa a los líderes y equipos operativos, responsables de la ejecución técnica del levantamiento; y el cuarto agrupa a la comunidad y a los aliados territoriales, destinatarios primarios del producto catastral y participantes activos del proceso de interlocución social. La Ilustración 33 presenta el flujograma maestro con sus carriles funcionales, los flujos descendente y ascendente y los puntos de escalamiento que articulan la operación con el protocolo de cinco niveles establecido en el subacápite 3.2.1.d.

Ilustración 33.

Flujograma maestro de las comunicaciones del proyecto⁴

⁴ Flujograma maestro de las comunicaciones del proyecto — ciclo planificar · ejecutar · monitorear, organizado en cuatro carriles funcionales con sus respectivos flujos descendente y ascendente, y los puntos de escalamiento por cada carril. Construcción del autor con base en PMI (2025) y OMG (2014).

Flujograma maestro de las comunicaciones del proyecto — ciclo planificar · ejecutar · monitorear



Nota: Construcción del autor con base en PMI (2025) y OMG (2014). Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

La estructura del flujograma evidencia cuatro tipos de flujos comunicacionales que coexisten en el proyecto y requieren mecanismos diferenciados de gestión, fundamentados en la tipología clásica de comunicaciones organizacionales de Robbins y Judge (2017) actualizada al marco de proyectos del PMBOK 8ª edición. La Tabla 68 los sintetiza con sus comunicaciones representativas y mecanismos dominantes.

Tabla 68.
Tipos de flujo comunicacional del proyecto y sus mecanismos de gestión

Tipo de flujo	Definición y dirección	Comunicaciones representativas	Mecanismo dominante
---------------	------------------------	--------------------------------	---------------------

Descendente	Flujo de información desde los niveles superiores de autoridad hacia los niveles operativos. Transmite instrucciones, lineamientos, decisiones aprobadas y retroalimentación.	<i>C01 (kick-off), C02 (reunión directiva), C09 (comité ejecutivo)</i>	Reuniones plenarias, oficios formales, actas con compromisos explícitos.
Ascendente	Flujo de información desde los niveles operativos hacia la dirección y el control externo. Transmite estado de avance, alertas, no conformidades y solicitudes de decisión.	<i>C03 (bitácora), C04 (reporte semanal), C05 (tablero), C10 (informe mensual)</i>	Tableros de KPI, informes ejecutivos, escalamiento estructurado de incidentes.
Horizontal	Flujo de información entre pares funcionales del mismo nivel jerárquico. Coordina la interdependencia entre componentes y equipos técnicos.	<i>C06 (reunión de componente), C07 (comité de calidad), C08 (reunión SST)</i>	Reuniones de coordinación, intercambio técnico documentado, comités especializados.
Externo	Flujo de información entre el proyecto y sus interesados externos: comunidad, aliados territoriales, autoridades locales y opinión pública.	<i>C13 (alcaldía), C14 a C17 (comunitarias), C18 a C19 (étnicas), C20 (crisis)</i>	Interlocuciones presenciales, boletines, medios locales, mesas étnico-territoriales.

Nota. Construcción del autor con base en Robbins y Judge (2017) y PMI (2025).

El escalamiento es el mecanismo por el cual una situación detectada en un nivel operativo, que excede la capacidad de respuesta o la autoridad de ese nivel, asciende de manera controlada y trazable a un nivel superior para su decisión o resolución; el PMBOK 8ª edición lo identifica como herramienta clave del proceso monitorear las comunicaciones y del proceso controlar los cambios (PMI, 2025). El proyecto estructura el escalamiento en cinco niveles articulados con el protocolo de resolución de conflictos del subacápite 3.2.1.d, asegurando coherencia entre la gestión de los interesados y la gestión de las comunicaciones. Los plazos máximos, las instancias responsables y los disparadores típicos de cada nivel se detallan en la Tabla 69.

Tabla 69.

Detalle de los cinco niveles de escalamiento de la información y sus reglas operativas

Nivel	Instancia y autoridad	Plazo máximo de respuesta	Canales y registros	Disparadores típicos
N1	Equipo operativo - líderes técnicos del componente respectivo (E04–E08)	<i>24 horas hábiles</i>	Reportes diarios, WhatsApp grupal de cuadrilla, bitácora de campo, llamada telefónica	Incidentes operativos menores, dudas técnicas puntuales, aclaraciones de procedimiento, ausencias breves, descalibración menor de instrumentos
N2	Coordinación interna - director del proyecto (E02) y oficina técnica	<i>48 horas hábiles</i>	Comité semanal, informe ejecutivo, oficio interno, acta de comité	No conformidades de calidad, conflictos entre componentes, riesgos materializados de impacto moderado, desviaciones del cronograma por encima del umbral, ausencias prolongadas
N3	Interventoría y supervisión IGAC - interventor (E13) y supervisora IGAC (E03)	<i>72 horas hábiles</i>	Oficio formal con radicación, acta de comité técnico extraordinario, comunicación oficial	Solicitudes de no objeción, cambios contractuales menores, no conformidades reiteradas, rechazos de productos, conflictos con interesados externos, salvaguardas étnicas
N4	Dirección Territorial IGAC Sucre - director territorial (E15)	<i>5 días hábiles</i>	Comunicación oficial radicada, mesa de no objeción, comité directivo regional	Cambios contractuales mayores, conflictos territoriales no resueltos en N3, ajustes al anexo técnico, situaciones de orden público, eventos de seguridad operacional
N5	Patrocinador y Subdirección de Proyectos IGAC - patrocinadora (E01) y autoridad nacional	<i>10 días hábiles</i>	Comité directivo nacional, acta protocolizada, comunicación oficial con copia a control interno	Crisis de impacto mayor, situaciones de fuerza mayor, suspensión o terminación contractual, afectación grave a salvaguardas étnicas, eventos de seguridad de alto impacto

Nota. Construcción del autor con base en PMI (2025), la articulación con el subacápite 3.2.1.d y el marco contractual del proyecto.

Una comunicación rutinaria escala a un nivel superior cuando se cumple al menos uno de seis criterios objetivos que constituyen reglas de decisión inequívocas y documentables, cuya concurrencia de dos o más obliga a saltar un nivel adicional. Primero, plazo vencido sin respuesta de la instancia receptora dentro del plazo máximo establecido en la Tabla 69, lo que activa escalamiento automático al nivel inmediatamente superior. Segundo, impacto sobre el cronograma maestro que amenace con retrasar el hito contractual respectivo más allá del umbral definido en el plan de gestión del cronograma (por defecto, cinco días hábiles), lo que obliga a escalar a N3 o superior. Tercero, impacto presupuestal o contractual que implique modificación al presupuesto, alcance, plazo o condiciones contractuales, con escalamiento mínimo a N3 y, según magnitud, a N4 o N5. Cuarto, afectación a interesados étnico-territoriales que comprometa a AFROSDEBUENAVISTA o a comunidades con salvaguardas reconocidas, con escalamiento directo a N3 y copia a la mesa étnico-territorial (Ministerio del Interior, 2022; IGAC, 2023b). Quinto, seguridad operacional y orden público en incidentes que afecten la integridad física del personal o la viabilidad operativa por causas externas, con escalamiento inmediato a N4 y simultáneamente a las autoridades competentes. Sexto, visibilidad pública o mediática que active el protocolo de comunicación de crisis (C20) y escale directamente a N5 con vocería única del director del proyecto.

El cierre del ciclo comunicacional es la exigencia operativa que diferencia un Plan de Comunicaciones efectivo de un esquema de mera difusión informativa. El proyecto incorpora tres mecanismos formales de retroalimentación que verifican que la información emitida fue efectivamente recibida, comprendida y, cuando corresponde, aplicada: los acuses de recibo formales para comunicaciones restringidas y reservadas, exigidos por la cadena de custodia documental de la Ley 594 de 2000; los reportes de retorno de las jornadas de interlocución, que

documentan asistencia, apropiación de mensajes y compromisos asumidos por los participantes; y las auditorías periódicas de calidad sobre el sistema de comunicaciones, realizadas por la coordinación de calidad del proyecto (E09), que verifican el cumplimiento de plazos, formatos y trazabilidad de las veinte comunicaciones formales descritas en la matriz.

c. Glosario de Terminología Común

El glosario de terminología común opera como dispositivo de univocidad semántica entre los distintos actores del proyecto, en el que convergen al menos cuatro dominios técnicos con vocabularios especializados (catastral, gerencial, normativo y étnico-territorial) cuyas acepciones precisas deben preservarse para evitar malentendidos contractuales, técnicos o sociales (PMI, 2025; Resolución 1040, 2023). Cumple tres funciones operativas: referencia obligada para la redacción de toda comunicación formal del proyecto, herramienta pedagógica en las jornadas de interlocución comunitaria con traducción al lenguaje cotidiano y equivalencias culturalmente situadas (IGAC, 2023b), e insumo de aseguramiento de la calidad documental auditable por la interventoría. Consolida cincuenta y dos términos críticos organizados en cuatro dominios: catastral (veintiún términos extraídos de la Resolución 1040 de 2023 y de la Resolución 746 de 2024 sobre el modelo LADM-COL), gerencial (trece términos del marco PMBOK 8ª edición), normativo (diez términos del marco legal y reglamentario del catastro multipropósito) y étnico-territorial (ocho términos asociados a las salvaguardas étnicas de la Resolución 338 de 2023). Las cuatro tablas del glosario, con la definición operativa de cada término, se presentan en el Anexo O. Glosario de terminología **común**.

3.2.4. Plan de Gestión del Cronograma

El Plan de Gestión del Cronograma del proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito del municipio de Buenavista (Sucre) traduce el dominio Schedule del PMBOK 8ª edición en cinco componentes operativos: listado de actividades con estimación PERT beta-normal, línea base de tiempo, diagrama de red, diagrama de Gantt con identificación de la ruta crítica y nivelación de uso de recursos (PMI, 2025). Estos componentes se articulan con la EDT del subacápite 3.2.2, con la matriz de roles del subacápite 3.2.7 y con la matriz de comunicaciones del subacápite 3.2.3, de modo que cada paquete de trabajo del cronograma tiene asignados duración estimada, recurso responsable, hito al que pertenece y mecanismo de reporte. El cronograma operativo completo, con 5 fases, 20 cuentas de control y 118 paquetes de trabajo, se presenta en el Anexo Q. Cronograma detallado del **proyecto**; el presente subacápite consolida la lógica metodológica y las salidas analíticas derivadas de esa programación.

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

La estimación de duraciones del proyecto se realizó mediante la técnica de revisión y evaluación de programas (PERT beta-normal), recomendada por el PMBOK 8ª edición para proyectos con incertidumbre moderada en sus duraciones (PMI, 2025). El método requiere tres estimaciones por paquete de trabajo: optimista (O), más probable (M) y pesimista (P), a partir de las cuales se calcula la duración esperada como $te = (O + 4M + P) / 6$ y la desviación estándar como $\sigma = (P - O) / 6$. Para cada paquete de trabajo del proyecto se aplicaron factores diferenciados según su perfil de riesgo: $O = 0,85 \cdot M$ y $P = 1,30 \cdot M$ para riesgo medio (paquetes de planeación, diseño, consolidación documental); $O = 0,85 \cdot M$ y $P = 1,50 \cdot M$ para riesgo alto

(interlocución social comunitaria, levantamiento físico-jurídico en campo, fast tracking y alistamiento logístico transversal).

La estimación PERT detallada de los 118 paquetes de trabajo, con sus valores O, M, P, te, σ y varianza, Anexo O. Glosario de terminología común

Anexo P. Estimación Pert. La Tabla 70 sintetiza la estimación agregada por hito contractual, expresada en días hábiles, mostrando para cada hito la duración optimista, más probable, pesimista, esperada (te), desviación estándar (σ) y varianza acumuladas.

Tabla 70.

Estimación PERT beta-normal agregada por hito contractual del proyecto

Hito	Descripción	O (d.h.)	M (d.h.)	P (d.h.)	te (d.h.)	σ (d.h.)	Varianza
H0	Movilización y constitución del equipo	8,5	10,0	15,0	10,6	1,08	1,17
H1	Estudios formulación y Plan de Gestión Integral	33,2	39,0	53,3	40,3	3,35	11,22
H2	Ciclo de hito 2 - primer levantamiento operativo	29,8	35,0	52,5	36,4	3,79	14,36
H3	Ciclo de hito 3 - levantamiento operativo	29,8	35,0	52,5	36,4	3,79	14,36
H4	Ciclo de hito 4 - levantamiento operativo	17,0	20,0	30,0	20,8	2,17	4,69
H5	Ciclo de hito 5 - levantamiento operativo	17,0	20,0	30,0	20,8	2,17	4,69
H6	Ciclo de hito 6 - último levantamiento operativo	30,6	36,0	54,0	37,4	3,90	15,21
H7	Cierre postoperativo y entrega final	17,0	20,0	26,0	20,5	1,50	2,25
	Total proyecto	182,9	215,0	313,3	223,2	9,11	82,95

Nota: Construcción del autor con base en PMI (2025).

Los valores M corresponden a las duraciones determinísticas del cronograma operativo del Anexo Q. Cronograma detallado del **proyecto**. Los factores aplicados son $O = 0,85 \cdot M$ y $P = 1,30 \cdot M$ para riesgo medio (planeación y consolidación) y $P = 1,50 \cdot M$ para riesgo alto

(interlocución social, levantamiento en campo y alistamiento transversal). La desviación estándar del proyecto se calcula como $\sigma_{\text{proy}} = \sqrt{(\Sigma \text{ varianzas por hito})} = \sqrt{82,95} = 9,11 \text{ d.h.}$

La duración esperada total del proyecto es de 223,2 días hábiles, con desviación estándar de 9,11 días hábiles. Considerando la meta contractual de 240 días hábiles, la probabilidad de cumplir el plazo se estima aplicando la función de distribución normal acumulada $Z = (240 - 223,2) / 9,11 = 1,84$, que corresponde a una probabilidad de cumplimiento del 96,7 %. Este valor refleja un margen razonable de seguridad frente a desviaciones operativas, atribuible al uso intensivo de fast tracking en la preparación operativa, al diseño paralelo de los componentes físico y económico durante los levantamientos, y al buffer de comunidad incorporado en cada ciclo de hito.

b. Línea Base Tiempo

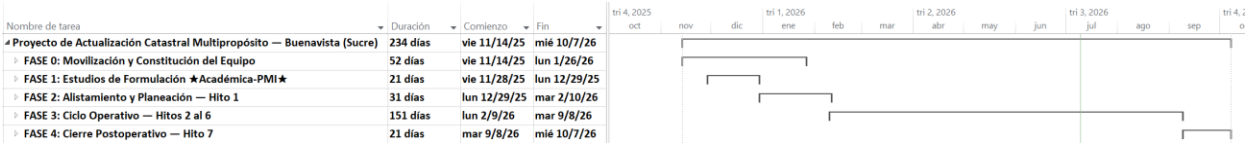
La línea base de tiempo del proyecto comprende cinco fases secuenciales con un horizonte total de 234 días calendario, entre el 14 de noviembre de 2025 y el 7 de octubre de 2026, distribuidas de la siguiente manera:

La Fase 0 – Movilización y constitución del proyecto da inicio el 14 de noviembre de 2025 y concluye el 26 de enero de 2026, con una duración de 52 días. La Fase 1 – Estudios de formulación transcurre entre el 28 de noviembre de 2025 y el 29 de diciembre de 2025. La Fase 2 – Alistamiento y planeación (Hito 1) inicia el 29 de diciembre de 2025 y finaliza el 10 de febrero de 2026. La Fase 3 – Ciclo operativo (Hitos 2 al 6) comprende el período entre el 9 de febrero de 2026 y el 8 de septiembre de 2026, constituyendo la fase de mayor duración del proyecto. Finalmente, la Fase 4 – Cierre postoperativo (Hito 7) se extiende del 8 de septiembre de 2026 al 7 de octubre de 2026.

Esta distribución temporal puede evidenciarse en la siguiente ilustración.

Ilustración 34.

Línea base tiempo



Nota: Construcción del autor con base en cronograma de proyecto Anexo Q. Cronograma detallado del proyecto

La línea base de tiempo del proyecto (Tabla 71) está constituida por el conjunto de fechas planificadas, aprobadas y formalizadas de los hitos contractuales H0 a H7, que sirven como referente único para el control del cronograma y para la comparación con la ejecución real (PMI, 2025). La línea base se establece tras la aprobación del Plan de Gestión Integral del Proyecto en el Hito 1 y queda congelada como referencia de control, con tolerancia máxima de cinco días hábiles para activar escalamiento al nivel N2 del protocolo establecido en el subacápite 3.2.3.b.

Tabla 71.

Línea base de tiempo del proyecto por hito contractual

Hito	Descripción	Fecha planificada de cierre	Tolerancia (d.h.)	Responsable de aprobación
H0	Acta de inicio del contrato	2025-11-28	0	Director / Representante Legal del Consorcio
H1	Entrega del Plan de Gestión Integral del Proyecto	2026-01-26	5	Director de Proyecto + supervisora IGAC
H2	Cierre ciclo 1 de levantamiento operativo	2026-03-31	5	Interventor + supervisora IGAC
H3	Cierre ciclo 2 de levantamiento operativo	2026-05-20	5	Interventor + supervisora IGAC
H4	Cierre ciclo 3 de levantamiento operativo	2026-06-18	5	Interventor + supervisora IGAC
H5	Cierre ciclo 4 de levantamiento operativo	2026-07-17	5	Interventor + supervisora IGAC

H6	Cierre ciclo 5 de levantamiento operativo	2026-09-08	5	Interventor + supervisora IGAC
H7	Entrega final y cierre postoperativo	2026-10-07	5	Patrocinadora + supervisora IGAC

Nota. Construcción del autor con base en el cronograma operativo del Anexo Q. Cronograma detallado del proyecto.

El control de la línea base se realiza mediante los indicadores SPI (Schedule Performance Index) y CPI (Cost Performance Index) con umbral de aceptación de 0,95, articulados con el Plan de Calidad del subacápite 3.2.6 y reportados quincenalmente en el tablero de control de KPI (comunicación C05 de la matriz del subacápite 3.2.3). Toda solicitud de modificación a la línea base requiere autorización formal del director del proyecto y, según magnitud, no objeción de la supervisora IGAC y del interventor, conforme a los criterios contractuales y al protocolo de escalamiento del subacápite 3.2.3.b.

c. Diagrama de Red

El diagrama de red del proyecto (Ilustración 35) representa las dependencias lógicas entre los paquetes de trabajo del cronograma, calculadas mediante el método de la ruta crítica (CPM) en una programación canónica completamente cerrada, sin actividades colgantes ni nodos huérfanos (PMI, 2025). Las dependencias predominantes son de tipo finish-to-start (FS), aplicadas entre la mayoría de los paquetes de levantamiento, consolidación y entrega; las dependencias start-to-start (SS) operan en los paquetes paralelos del componente económico de valuación y la estructuración SIG durante los ciclos de hito; y las dependencias finish-to-finish (FF) aplican a los informes mensuales de seguimiento y comunicaciones, los cuales cierran

simultáneamente con el hito de ciclo correspondiente. La ilustración corresponde a una representación visual simplificada con fines expositivos; el diagrama de red canónico, generado en MS Project sobre los identificadores Id. 1 a 429, se presenta en el [Anexo AC](#). Diagrama de red – Proyecto Buenavista.

Ilustración 35.

Diagrama de red del proyecto por hitos contractuales H0 a H7



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

El análisis de la ruta crítica evidencia que la secuencia dominante del proyecto está determinada por el componente físico-jurídico del levantamiento predial en cada ciclo de hito, seguido del componente SIG de estructuración y validación topológica, y por la generación del archivo XTF para entrega al IGAC al cierre de cada ciclo. Los paquetes de la cadena social

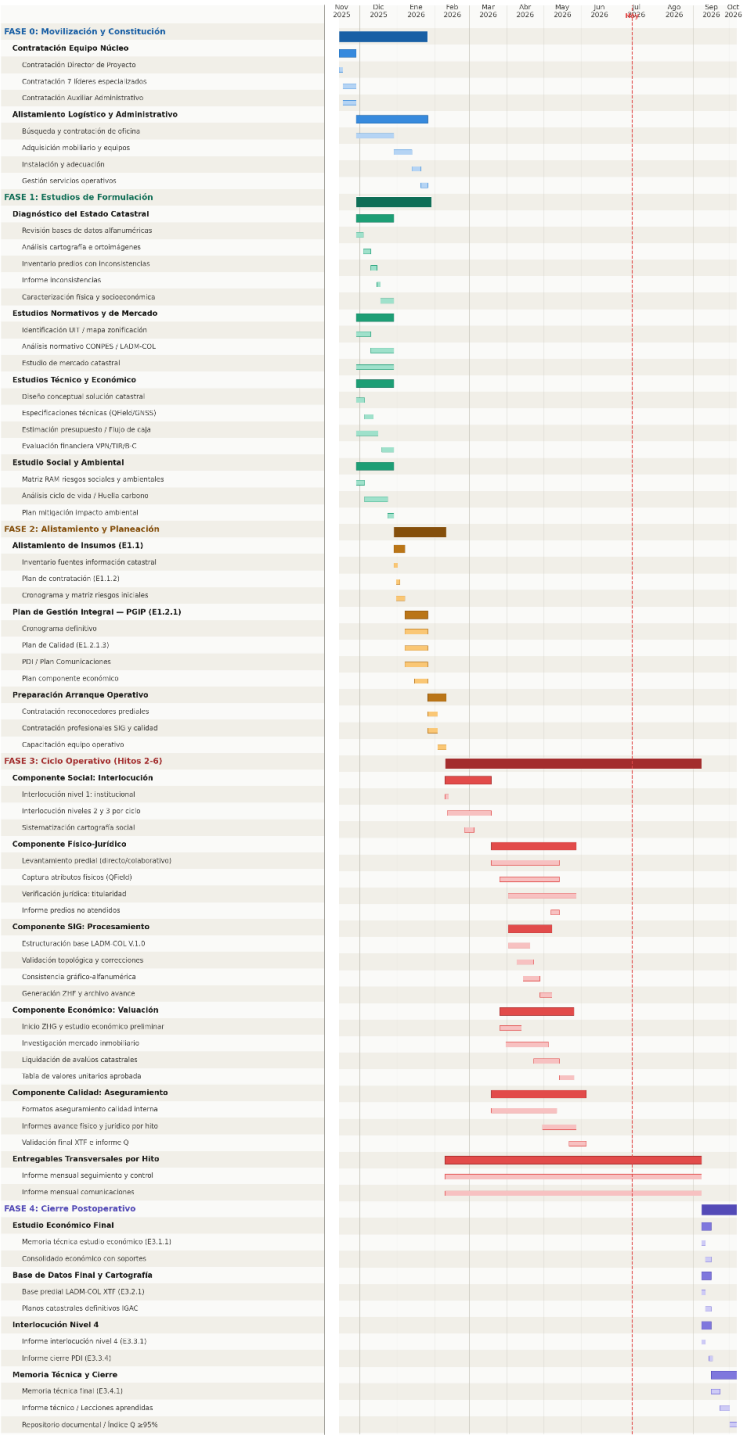
interlocuciones N1 a N3 y buffer comunitario preceden el levantamiento en campo y constituyen condición de inicio del componente físico; en consecuencia, cualquier retraso en la convocatoria comunitaria activa escalamiento inmediato al nivel N3 del protocolo de comunicaciones del proyecto.

d. Cronograma - Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt operativo del proyecto, con 118 paquetes de trabajo distribuidos en 20 cuentas de control y 5 fases, se presenta en el Anexo Q. Cronograma detallado del ***proyecto*** con la programación canónica derivada del proceso de generación del cronograma en el software Microsoft Project. La Ilustración 36 muestra la versión agregada por cuenta de control, cuyo propósito es facilitar una lectura visual amigable del cronograma; el diagrama de Gantt completo y exportable puede ser consultado en el [Anexo AB](#). Diagrama Gantt – Proyecto Buenavista.

Ilustración 36.

Diagrama de Gantt agregado



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

La ruta crítica del proyecto, identificada mediante el método CPM, está compuesta por las cuentas de control y paquetes de trabajo que se sintetizan en la Tabla 72.

Tabla 72.*Cuentas de control y paquetes de trabajo de la ruta crítica del proyecto*

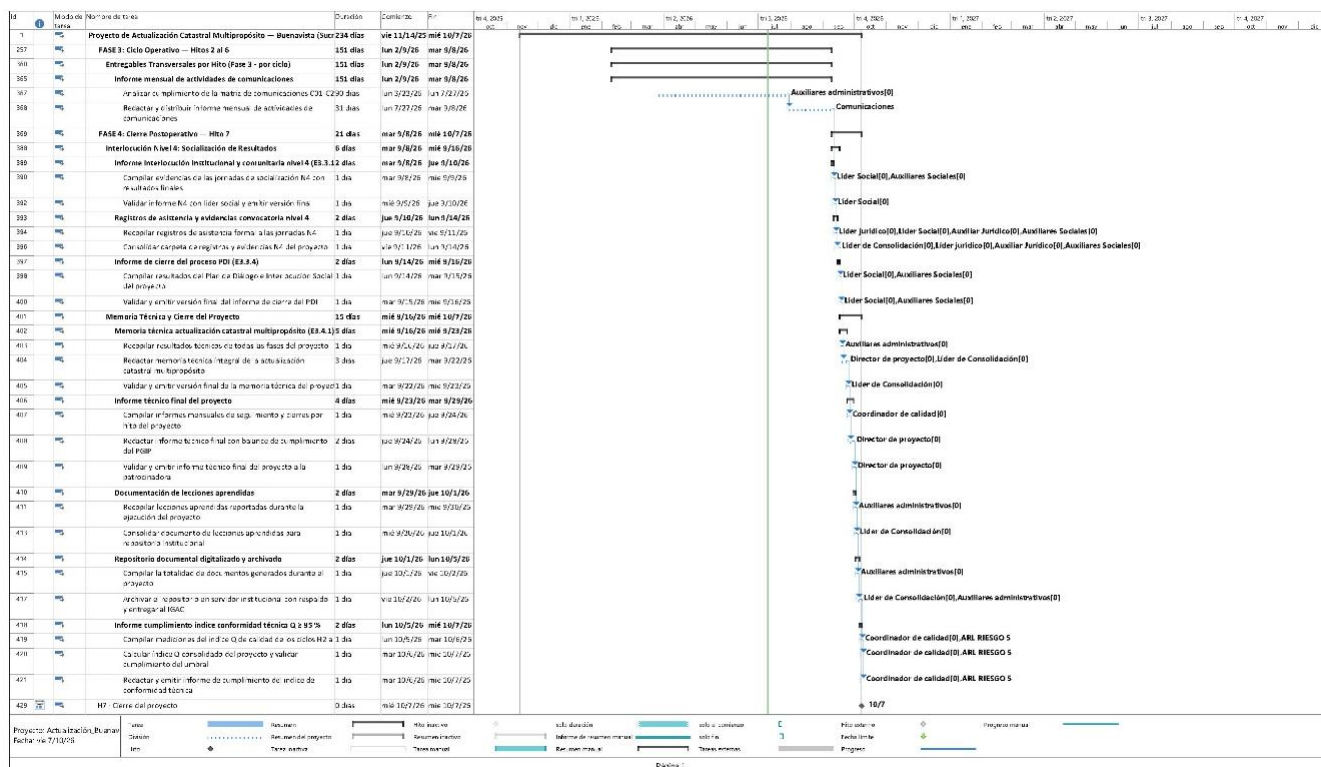
Secuencia	Código	Descripción	Duración (d.h.)
1	C-F0.A	Contratación del equipo núcleo (líderes y dirección)	10
2	C-F2.B	Plan Operativo del Proyecto (cronograma inicial y matriz de riesgos)	4
3	C-F2.C	Plan de Gestión Integral del Proyecto — PGIP	12
4	C-F2.D	Preparación arranque operativo — fast tracking	10
5	C-H2 a C-H6	Levantamiento físico-jurídico, SIG y generación XTF en cada ciclo de hito	150
6	C-F4.B	Base de datos final LADM-COL y productos cartográficos	5
7	C-F4.D	Memoria técnica, lecciones aprendidas y cierre del proyecto	14
	Total ruta crítica		205

Nota. Construcción del autor con base en el cronograma operativo del Anexo Q. Cronograma detallado del proyecto.

La ruta crítica concentra el 86 % de la duración total del proyecto y articula los entregables sustantivos contratados con el IGAC. Cualquier desviación en estos paquetes impacta directamente la fecha de cierre del proyecto y activa el protocolo de escalamiento del subacápite 3.2.3.b.

Las actividades fuera de la ruta crítica corresponden principalmente a los componentes social, económico y de informes transversales, cuya holgura permite absorber retrasos sin comprometer la fecha de cierre. La estructuración paralela del componente económico de valuación con el levantamiento físico (planificada como dependencia SS en cada ciclo de hito) y la ejecución simultánea de la estructuración SIG durante el campo permiten optimizar el plazo total del proyecto mediante fast tracking intensivo, la ruta crítica del proyecto puede evidenciarse en la siguiente ilustración.

Ilustración 37.*Ruta crítica del proyecto*



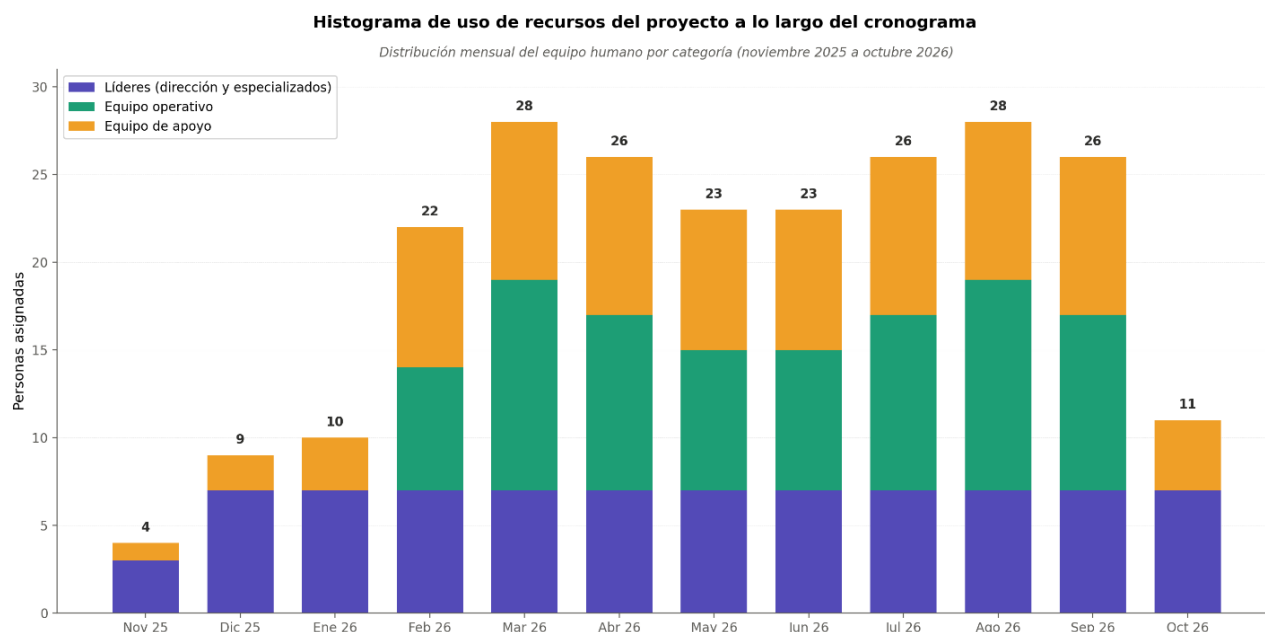
Nota. Construcción del autor con base en el cronograma operativo del Anexo Q. Cronograma detallado del proyecto.

e. Nivelación de Recursos y Uso de Recursos

La nivelación de recursos del proyecto se realizó a partir del equipo humano consolidado en el subacápite 3.2.7, asignando cada paquete de trabajo del cronograma al rol responsable correspondiente y verificando que ningún recurso supere la disponibilidad nominal a lo largo de los once meses del proyecto (PMI, 2025). El análisis de carga reveló tres puntos de concentración crítica que fueron resueltos mediante mecanismos de nivelación específicos (Ilustración 38).

Ilustración 38.

Histograma de uso de recursos del proyecto a lo largo del proyecto



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

El primer punto crítico corresponde a la Fase 1 (estudios de formulación, diciembre 2025), donde los siete líderes especializados ejecutan simultáneamente los cinco estudios de formulación (catastral, mercado, técnico, económico-financiero y social-ambiental); la nivelación se logró mediante asignación diferenciada por componente (cada estudio bajo el liderazgo del rol con perfil correspondiente) y secuenciación interna de los paquetes dentro de cada estudio. El segundo punto crítico corresponde a los ciclos de hito H2 y H6 (febrero-marzo y julio-septiembre de 2026), donde la concentración del levantamiento físico-jurídico exige el despliegue máximo de reconocedores prediales en campo; al tratarse de un recurso contratado a destajo, la nivelación se resolvió mediante dimensionamiento dinámico del cuerpo de reconocedores según el avance porcentual de cada ciclo, manteniendo dos coordinadores de campo fijos como referente operativo. El tercer punto crítico corresponde al Hito 7 (cierres postoperativo, septiembre-octubre de 2026), donde converge la entrega de la memoria técnica con la consolidación de todos los componentes; la nivelación se logró distribuyendo los

entregables finales en cuatro cuentas de control paralelas (estudio económico, base de datos, interlocución N4 y memoria técnica) bajo responsables diferenciados.

3.2.5. Plan de Gestión del Costo

La gestión de los costos constituye, según la octava edición de la Guía del PMBOK, una de las funciones más críticas de la dirección de proyectos, en la medida en que articula la planificación, la ejecución y el control financiero del proyecto bajo un mismo marco metodológico (PMI, 2025). El dominio Cost Management establece cuatro procesos integrados: planificar la gestión de los costos, estimar los costos, determinar el presupuesto y controlar los costos. Estos cuatro procesos se articulan transversalmente con los dominios de Stakeholders, Team, Planning, Project Work, Delivery, Measurement y Uncertainty, configurando una arquitectura de gestión integrada del desempeño que opera durante todo el ciclo de vida del proyecto (PMI, 2025, pp. 71-79).

El Plan de Gestión de los Costos del proyecto de actualización catastral multipropósito del municipio de Buenavista (Sucre) traduce esta arquitectura conceptual en un instrumento operativo trazable y auditable, fundamentado en la cascada presupuestaria del PMBOK 8ª edición. La cascada organiza el presupuesto en cinco capas acumulativas (costos directos, costos indirectos, línea base de costos, reservas de contingencia y reservas de gestión) y diferencia entre el costo del proyecto, lo que efectivamente se eroga mes a mes para ejecutar el alcance, y los componentes financieros de la propuesta que constituyen colchones financieros (reservas) o margen comercial (utilidad).

Esta diferenciación, fundamental para la correcta aplicación de la metodología del valor ganado (Earned Value Management, EVM), permite construir una curva S de control rigurosa que no distorsione las mediciones por inclusión indebida de componentes no operativos en el patrón temporal de devengo (Mulcahy, 2018; PMI, 2025). El plan aquí desarrollado asume explícitamente esta distinción y la operacionaliza mediante tres líneas de control diferenciadas: la línea base de costos, sobre la cual se aplica el EVM y opera el control del director del proyecto; el presupuesto del proyecto, que incluye la reserva de contingencia y opera bajo autorización del patrocinador; y los fondos requeridos, que incluyen adicionalmente la reserva de gestión y solo pueden mobilizarse con autorización superior.

El plan se articula directamente con los acápites previos del Plan de Gestión Integral del Proyecto. En primer lugar, con la estructura de interesados desarrollada en el subacápite 3.2.1, cuyos dieciocho actores identificados (codificados como E01 a E18) constituyen la población destinataria de los reportes de seguimiento financiero, en particular la patrocinadora (E01), el director del proyecto (E02), la supervisora del IGAC (E03) y el interventor (E13). En segundo lugar, con el organigrama y la matriz de competencias del subacápite 3.2.2, que dimensiona los recursos humanos del proyecto y que constituye el insumo principal del componente más cuantioso de la línea base de costos. En tercer lugar, con el Plan de Gestión de las Comunicaciones del subacápite 3.2.3, cuyas comunicaciones formales C04 (reporte semanal de producción) y C10 (informe mensual de avance) constituyen los canales por los cuales se reportan los indicadores del valor ganado al patrocinador y a la interventoría.

El presente subacápite se estructura en seis componentes articulados que constituyen los entregables exigidos por la matriz de planificación del trabajo de grado. La subsección 3.2.5.a presenta la línea base de costos del proyecto bajo la cascada PMI completa. La subsección

3.2.5.b desarrolla el presupuesto por actividades distribuido en las veintiún cuentas de control de la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT). La subsección 3.2.5.c expone la Estructura de Desglose de Recursos (ReBS) con detalle de los doce roles del equipo del proyecto. La subsección 3.2.5.d presenta la Estructura de Desglose de Costos (CBS) articulada con la cascada PMI y la ReBS. La subsección 3.2.5.e define los indicadores de medición del desempeño según el marco EVM canónico del PMBOK 8ª edición. Finalmente, la subsección 3.2.5.f desarrolla la aplicación técnica del valor ganado con curvas S, presentando la distribución mensual de la línea base, la distribución por hitos contractuales y tres escenarios de proyección (favorable, base y adverso).

La tabla 73 sintetiza el modelo conceptual del Plan de Gestión de los Costos.

Tabla 73.

Modelo conceptual del Plan de Gestión de los Costos⁵

Costos directos \$3.144,2 M 50,1 %	(+) Costos indirectos \$752,0 M 12,0 %	= LÍNEA BASE DE COSTOS \$3.896,2 M 62,1 %	(+) Reserva contingencia \$1.253,0 M 20,0 %	(+) Reserva de gestión \$501,0 M 8,0 %	(+) Utilidad del operador \$627,8 M 10,0 %
VALOR TOTAL DE LA PROPUESTA = \$6.278.000.000 COP · 100,0 %					

***Nota.** La cascada presupuestaria PMI organiza el presupuesto del proyecto en seis capas acumulativas con funciones de control diferenciadas. Las tres líneas de control financiero del proyecto (línea base de costos, presupuesto del proyecto y fondos requeridos) se desarrollan con detalle en el subacápite 3.2.5.a.*

⁵ Modelo conceptual del Plan de Gestión de los Costos — cascada presupuestaria PMI con sus seis capas acumulativas, función de control y autoridad de cada línea de control financiero Construcción del autor con base en PMI (2025).

a. Línea Base de Costos

La línea base de costos del proyecto se construye conforme al método de la cascada presupuestaria del PMBOK 8ª edición, que organiza el presupuesto del proyecto en cinco capas acumulativas con funciones de control diferenciadas (PMI, 2025). Esta arquitectura permite separar de manera trazable el costo operativo del proyecto, los colchones financieros para incertidumbre y el margen comercial del operador, lo cual constituye una condición necesaria para la correcta aplicación de la metodología del valor ganado y para la rendición de cuentas a los distintos niveles de autoridad del proyecto.

La cascada presupuestaria del proyecto se construye agregando, en orden ascendente, los costos directos de ejecución del alcance, los costos indirectos administrativos, las dos reservas de incertidumbre y la utilidad comercial del operador, hasta alcanzar el valor total de la propuesta. Cada capa de la cascada tiene un nivel de autoridad asociado y un umbral de control diferenciado. La tabla 74 presenta la cascada completa del proyecto con sus cinco capas, sus valores absolutos en pesos colombianos, su participación porcentual sobre el valor total y su función de control.

Tabla 74.

Cascada presupuestaria del proyecto conforme al PMBOK 8ª edición

Capa	Valor (COP)	% sobre total	Función de control
Costos directos del proyecto	\$3.144.200.000	50,08 %	<i>Ejecución directa del alcance del proyecto.</i>
(+) Costos indirectos · Overhead	\$752.000.000	11,98 %	<i>Administración corporativa atribuible al proyecto.</i>
① LÍNEA BASE DE COSTOS	\$3.896.200.000	62,06 %	Control del director del proyecto · base del EVM.

Capa	Valor (COP)	% sobre total	Función de control
(+) Reserva de contingencia	\$1.253.000.000	19,96 %	<i>Cobertura de los 29 riesgos identificados.</i>
② PRESUPUESTO DEL PROYECTO	\$5.149.200.000	82,02 %	Control con autorización del patrocinador.
(+) Reserva de gestión	\$501.000.000	7,98 %	<i>Cobertura de eventos no identificados (unknown unknowns).</i>
③ FONDOS REQUERIDOS	\$5.650.200.000	90,00 %	Control del patrocinador · techo financiero del proyecto.
(+) Utilidad del operador	\$627.800.000	10,00 %	<i>Margen comercial · resultado financiero del operador.</i>
VALOR TOTAL DE LA PROPUESTA	\$6.278.000.000	100,00 %	Precio del servicio público catastral.

Nota. Construcción del autor con base en PMI (2025).

La cascada permite identificar tres líneas de control financiero del proyecto (Tabla 75), cada una con su nivel de autoridad asociado y su función específica dentro de la gestión integrada. Estas tres líneas constituyen los umbrales de la curva S del proyecto y serán objeto de monitoreo permanente mediante la metodología del valor ganado descrita en el subacápite 3.2.5.f.

Tabla 75.

Tres líneas de control financiero del proyecto, sus umbrales y autoridades

Línea de control	Valor (COP)	Composición	Autoridad de control
① Línea base de costos	\$3.896.200.000	<i>Costos directos + costos indirectos</i>	Director del proyecto (E02). Base sobre la cual se aplica el EVM.
② Presupuesto del proyecto	\$5.149.200.000	<i>Línea base + reserva de contingencia</i>	Director del proyecto con autorización del patrocinador (E01) para movilizar la reserva.

Línea de control	Valor (COP)	Composición	Autoridad de control
③ Fondos requeridos	\$5.650.200.000	<i>Presupuesto del proyecto + reserva de gestión</i>	Patrocinador del proyecto (E01). Techo financiero superior.

Nota. Construcción del autor con base en PMI (2025).

La línea base de costos del proyecto (\$3.896,2 millones) se construye exclusivamente con los costos directos del proyecto y los costos indirectos administrativos del operador, excluyendo expresamente las reservas de incertidumbre y la utilidad comercial. Este tratamiento responde a las cuatro buenas prácticas canónicas del PMBOK 8ª edición para la determinación del presupuesto (PMI, 2025, pp. 73-77).

- ✓ Solo los costos con patrón temporal de devengo real conforman la línea base. Los costos directos y los indirectos administrativos se otorgan mes a mes durante la ejecución, mientras que las reservas constituyen colchones financieros que solo se materializan ante eventos específicos. Incluir las reservas en el patrón temporal de devengo distorsiona la curva S y destruye su utilidad para el control mediante valor ganado (Mulcahy, 2018).
- ✓ La utilidad del operador no es costo, es resultado financiero. Conforme al principio contable de causación, la utilidad solo se reconoce cuando el ingreso supera al costo efectivamente erogado. Incluirla en la curva S como gasto distribuido constituye un error metodológico que sobreestima el costo operativo del proyecto en aproximadamente un 16 % (\$627,8 M sobre \$3.896,2 M) y altera los indicadores CPI y SPI.
- ✓ La reserva de contingencia opera como banda superior, no como gasto distribuido. La reserva de \$1.253 millones se libera contra la materialización efectiva de los 29 riesgos identificados en la matriz cuantitativa de riesgos del

proyecto. Su gestión se rige por el Plan de Gestión de los Riesgos del subacápite 3.2.4 y se reporta como consumo acumulado sobre el monto total, no como erogación temporal.

- ✓ La reserva de gestión opera como techo absoluto, fuera del control directo del director del proyecto. La reserva de \$501 millones cubre eventos no identificados (unknown unknowns) y solo puede activarse mediante autorización expresa del patrocinador. Constituye el umbral máximo de gasto del proyecto antes de requerir renegociación contractual.

Esta separación rigurosa entre costo operativo, reservas y utilidad es lo que permite construir una línea base auditable y aplicar el método del valor ganado con resultados interpretables. La línea base de costos (\$3.896,2 millones), expresada en pesos corrientes del año cero del proyecto, será objeto del seguimiento semanal de los indicadores CPI y SPI según se describe en el subacápite 3.2.5.e y del análisis de proyección EAC/ETC según se describe en el subacápite 3.2.5.f.

b. Presupuesto por Actividades

El presupuesto por actividades del proyecto se construye mediante la asignación de los costos directos a las veintiún cuentas de control de la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT). Esta estructura organiza los 84 paquetes de trabajo del proyecto en cinco fases secuenciales y parcialmente paralelas, conforme al esquema de fast tracking adoptado para la ejecución (PMI, 2025). El presupuesto por actividades opera como bisagra entre la Estructura de Desglose del Trabajo y la Estructura de Desglose de Costos: cada paquete de trabajo se imputa contra una

cuenta de control y cada cuenta de control consolida los costos imputables al subconjunto de paquetes que la componen.

El proyecto se ejecuta en cinco fases secuenciales conforme al cronograma maestro. La Fase 0 (movilización) constituye la activación logística y administrativa del equipo núcleo del proyecto. La Fase 1 (estudios académico-PMI) compila los cinco estudios de formulación del trabajo de grado y se ejecuta paralelamente a las primeras semanas de operación. La Fase 2 (planeación detallada) produce los entregables del Hito 1, principalmente el Plan de Gestión Integral del Proyecto. La Fase 3 (ciclo operativo) constituye el núcleo del proyecto y ejecuta los hitos H2 a H6 mediante un esquema de fast tracking permanente. La Fase 4 (cierre postoperativo) consolida los productos finales y entrega el Hito 7. La tabla 76 presenta la distribución del presupuesto por fases.

Tabla 76.

Distribución del presupuesto del proyecto por fases — articulación con la EDT y los hitos.

Fase	Nombre de la fase	Hitos asociados	Cuentas de control	% del proyecto
Fase 0	Movilización y constitución del equipo	<i>Pre-H1 (semana 1-2)</i>	2 cuentas	3 %
Fase 1	Estudios de formulación (académico-PMI)	<i>N/A — académico</i>	5 cuentas	8 %
Fase 2	Alistamiento y planeación detallada	<i>H1 (mes 2)</i>	4 cuentas	12 %
Fase 3	Ciclo operativo · fast tracking permanente	<i>H2 a H6 (meses 3-9)</i>	6 cuentas	65 %
Fase 4	Cierre postoperativo y memoria técnica	<i>H7 (meses 9-11)</i>	4 cuentas	12 %
TOTAL	Proyecto completo · 11 meses calendario	H1 a H7	21 cuentas	100 %

Nota. Construcción del autor. Los porcentajes se calculan sobre la línea base de costos del

proyecto (\$3.896,2 millones). Las 21 cuentas de control consolidan los 84 paquetes de trabajo de la EDT. La

Fase 1 corresponde a entregables académico-PMI propios del trabajo de grado, sin contrapartida contractual directa.

La descomposición de las cinco fases en veintiún cuentas de control permite organizar el presupuesto a un nivel intermedio entre la macro-asignación por fase y el detalle individual por paquete de trabajo. Cada cuenta de control agrupa entre dos y cinco paquetes de trabajo con afinidad funcional y temporal, y opera como punto de medición del valor ganado durante la ejecución (PMI, 2025, p. 76). La Tabla 77 presenta el detalle de las veintiún cuentas de control con su código, denominación y hito asociado.

Tabla 77.

Detalle de las veintiún cuentas de control del proyecto.

Código	Cuenta de control	Fase	Hito
1.1.1	Contratación del equipo núcleo del proyecto	Fase 0	Pre-H1
1.1.2	Alistamiento logístico y administrativo	Fase 0	Pre-H1
1.2.1	Diagnóstico del estado catastral y territorial	Fase 1	Académico
1.2.2	Estudio de mercado	Fase 1	Académico
1.2.3	Estudio técnico	Fase 1	Académico
1.2.4	Estudio económico-financiero	Fase 1	Académico
1.2.5	Estudio social y ambiental	Fase 1	Académico
1.3.1	Alistamiento de insumos de planeación	Fase 2	H1
1.3.2	Plan Operativo del Proyecto	Fase 2	H1
1.3.3	Plan de Gestión Integral del Proyecto (PGIP)	Fase 2	H1
1.3.4	Preparación del arranque operativo (fast tracking)	Fase 2	Post-H1
1.4.1	Componente social — interlocución comunitaria (PDI)	Fase 3	H2 a H6
1.4.2	Componente físico-jurídico — levantamiento predial	Fase 3	H2 a H6
1.4.3	Componente SIG — procesamiento y estructuración LADM_COL	Fase 3	H2 a H6

Código	Cuenta de control	Fase	Hito
1.4.4	Componente económico — valuación masiva y ZHF/ZHG	<i>Fase 3</i>	H2 a H6
1.4.5	Componente calidad — aseguramiento y control técnico	<i>Fase 3</i>	H2 a H6
1.4.6	Entregables transversales por hito	<i>Fase 3</i>	H2 a H6
1.5.1	Estudio económico final consolidado	<i>Fase 4</i>	H7
1.5.2	Base de datos final y productos cartográficos	<i>Fase 4</i>	H7
1.5.3	Interlocución Nivel 4 · socialización de resultados	<i>Fase 4</i>	H7
1.5.4	Memoria técnica y cierre administrativo del proyecto	<i>Fase 4</i>	H7

Nota. Construcción del autor con base en la EDT del proyecto. Las veintiún cuentas de control se descomponen en 84 paquetes de trabajo cuyo detalle se encuentra en el documento complementario de la EDT/WBS niveles 1-4. Los paquetes marcados como académicos corresponden a entregables del trabajo de grado sin contrapartida contractual directa.

c. Estructura de Desagregación de Recursos ReBS

La Estructura de Desglose de Recursos (Resource Breakdown Structure, ReBS) del proyecto es una representación jerárquica de los recursos necesarios para ejecutar el alcance del proyecto, organizada por categorías y tipos (PMI, 2025, p. 162). En el marco del PMBOK 8ª edición, la ReBS opera como insumo del dominio Team y como puente con el dominio Cost Management, en la medida en que cada categoría de recursos tiene una contrapartida directa en una o varias categorías de costos. La ReBS del proyecto se diseñó con un enfoque híbrido: presenta detalle exhaustivo de los recursos humanos (con los doce roles nombrados del equipo del operador y la subcategoría de equipo extendido), y estructura estándar para las otras tres categorías (equipos, servicios y materiales) (Tabla 78).

Tabla 78.*Estructura de Desglose de Recursos (ReBS) del proyecto⁶*

1. RECURSOS HUMANOS \$2.380,0 M 75,7 %	2. EQUIPOS Y ACTIVOS FIJOS \$190,0 M 6,0 %	3. SERVICIOS Y LOGÍSTICA \$373,0 M 11,9 %	4. MATERIALES E INSUMOS \$201,2 M 6,4 %
1.1 Dirección y liderazgo (E01–E02)	2.1 GNSS y instrumentos topográficos	3.1 Transporte terrestre intraurbano y rural	4.1 EPP y elementos de SST
1.2 Líderes de componentes (E04–E08)	2.2 Equipos de cómputo y periféricos	3.2 Viáticos y alojamiento del equipo en territorio	4.2 Papelería y consumibles de oficina
1.3 Calidad y administración (E09–E10)	2.3 Software y licencias QGIS · QField · LADM	3.3 Comunicaciones y conectividad de campo	4.3 Materiales pedagógicos del PDI
1.4 TH-SST y SIG-LADM (E11–E12)	2.4 Mobiliario y oficina	3.4 Servicios logísticos territoriales	4.4 Pólizas, seguros y garantías
<i>1.5 Cuadrillas operativas y reconocedores prediales</i>	—	—	—

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.

El equipo del proyecto constituye la categoría de recursos más cuantiosa del presupuesto (\$2.380 millones, equivalentes al 75,7 % de los costos directos y al 37,9 % del valor total de la propuesta). Esta participación es característica de los proyectos de servicios profesionales intensivos en mano de obra, como es el caso del catastro multipropósito. El equipo del proyecto se compone de doce roles permanentes que integran el equipo núcleo del operador, articulados con el equipo extendido de cuadrillas operativas y reconocedores prediales dimensionado por la

⁶ Estructura de Desglose de Recursos (ReBS) del proyecto — cuatro categorías principales articuladas con la cascada presupuestal: recursos humanos, equipos y activos fijos, servicios y logística, materiales e insumos. Construcción del autor con base en PMI (2025).

matriz de competencias del proyecto. La Tabla 79 presenta el detalle de los doce roles permanentes.

Tabla 79.

Detalle de los doce roles permanentes del equipo del operador y su articulación con el registro de interesados del subacápite 3.2.1.a.

Cód.	Rol	Perfil profesional	Categoría ReBS
E01	Patrocinadora (sponsor)	<i>Geógrafa · candidata a Magíster en Gerencia de Proyectos</i>	1.1 Dirección y liderazgo
E02	Director del proyecto	<i>Ingeniero Topográfico · candidato a Magíster en Gerencia de Proyectos</i>	1.1 Dirección y liderazgo
E03	Supervisora del contrato (IGAC)	<i>Ingeniera Catastral y Geodesta</i>	Recurso externo · no imputable a la ReBS del operador
E04	Líder técnico catastral	<i>Ingeniero Catastral y Geodesta</i>	1.2 Líderes de componentes
E05	Líder componente físico	<i>Ingeniero Topográfico · especialista en Geomática</i>	1.2 Líderes de componentes
E06	Líder componente jurídico	<i>Abogada · especialista en Derecho Registral</i>	1.2 Líderes de componentes
E07	Líder componente social	<i>Sociólogo · magíster en Desarrollo Rural</i>	1.2 Líderes de componentes
E08	Líder componente económico	<i>Economista · especialista en Avalúos (Lonja de Propiedad Raíz)</i>	1.2 Líderes de componentes
E09	Coordinador de calidad	<i>Ingeniero Industrial · auditor ISO 9001:2015</i>	1.3 Calidad y administración
E10	Profesional administrativa y financiera	<i>Contadora Pública</i>	1.3 Calidad y administración
E11	Profesional de talento humano y SST	<i>Profesional con licencia en seguridad y salud en el trabajo</i>	1.4 TH-SST y SIG-LADM

Cód.	Rol	Perfil profesional	Categoría ReBS
E12	Profesional SIG-LADM	<i>Ingeniero de Sistemas o Catastral · experto en modelo LADM_COL</i>	1.4 TH-SST y SIG-LADM

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.

Las tres categorías complementarias de la ReBS agrupan los recursos no humanos del proyecto. La categoría de Equipos y activos fijos (\$190 millones, 6,0 % de los directos) incluye los equipos GNSS para el levantamiento de campo, los equipos de cómputo del equipo técnico, las licencias de software especializado (QGIS, QField, validadores LADM_COL) y el mobiliario de oficina. La categoría de Servicios y logística (\$373 millones, 11,9 %) cubre el transporte intraurbano y rural hacia las unidades de intervención territorial, los viáticos y alojamiento del equipo durante las jornadas de campo, las comunicaciones y conectividad de campo, y los servicios logísticos territoriales asociados a las jornadas de interlocución. La categoría de Materiales e insumos (\$201 millones, 6,4 %) consolida los elementos de protección personal y de seguridad y salud en el trabajo, la papelería y consumibles de oficina, los materiales pedagógicos del Plan de Diálogo e Interlocución Social (PDI) adaptados culturalmente, y las pólizas, seguros y garantías exigidos por el marco contractual del proyecto.

Esta organización híbrida de la ReBS, con detalle granular en recursos humanos y estructura estándar en las demás categorías, responde al criterio de proporcionalidad metodológica del PMBOK 8ª edición: el nivel de detalle debe corresponderse con la materialidad del componente y con su impacto sobre la línea base. Dado que los recursos humanos representan más del 75 % de los costos directos, su detalle nominal y su trazabilidad nominal con el registro de interesados constituye un atributo de calidad del Plan de Costos. Los componentes menores se documentan con detalle suficiente para su seguimiento agregado, sin alcanzar el nivel de detalle ítem por ítem que correspondería al control financiero del operador.

d. Estructura de Desagregación de Costos CBS

La Estructura de Desglose de Costos (Cost Breakdown Structure, CBS) del proyecto es una representación jerárquica de los costos del proyecto organizada por categorías de uso financiero, complementaria a la ReBS pero distinta en su lógica (PMI, 2025, p. 78). Mientras la ReBS clasifica los recursos por origen (qué tipo de insumo se requiere), la CBS los clasifica por destino (qué función presupuestal cumple cada erogación). Este principio de doble entrada (origen-uso) constituye una buena práctica del PMBOK 8ª edición para la trazabilidad financiera y la transparencia de la planificación de costos (Tabla 80).

Tabla 80.
Estructura de Desglose de Costos (CBS) del proyecto⁷

1. COSTOS DIRECTOS \$3.144,2 M 50,1 %	2. COSTOS INDIRECTOS \$752,0 M 12,0 %	3. RESERVA DE CONTINGENCIA \$1.253,0 M 20,0 %	4. RESERVA DE GESTIÓN \$501,0 M 8,0 %	5. UTILIDAD DEL OPERADOR \$627,8 M 10,0 %
1.1 Recursos humanos \$2.380,0 M · 75,7 %	2.1 Overhead administrativo \$752,0 M · 100 %	3.1 Riesgos operativos 29 riesgos cubiertos	4.1 Eventos no identificados Unknown unknowns	5.1 Margen comercial 10 % Sobre el valor total
1.2 Operación logística \$373,0 M · 11,9 %	—	3.2 Riesgos territoriales Matriz H1–H7	—	—
1.3 Activos fijos \$190,0 M · 6,0 %	—	—	—	—
1.4 Inversión pre-operativa \$158,5 M · 5,0 %	—	—	—	—

⁷ Estructura de Desglose de Costos (CBS) del proyecto — tres niveles articulados con la cascada PMI y la ReBS. Construcción del autor con base en PMI (2025).

1.5 Tecnología recurrente \$42,7 M · 1,4 %	—	—	—	—
---	---	---	---	---

Líneas de control financiero del proyecto (PMBOK 8ª ed.)

① Línea base de costos = directos + indirectos = \$3.896,2 M · control del director del proyecto. ② Presupuesto del proyecto = línea base + reserva contingencia = \$5.149,2 M · con autorización del patrocinador. ③ Fondos requeridos = presupuesto + reserva de gestión = \$5.650,2 M · control del patrocinador.

Nota. Construcción del autor acorde al proyecto.

La CBS opera como punto de convergencia de tres estructuras del proyecto. Por una parte, consume recursos definidos en la ReBS: cada categoría de costo se nutre de una o varias categorías de recursos. Por otra parte, se imputa contra paquetes de trabajo de la EDT: cada uno de los 84 paquetes de trabajo del proyecto se contabiliza contra una cuenta de la CBS. Finalmente, se distribuye temporalmente conforme al cronograma del proyecto: cada cuenta de costo tiene un perfil de devengo asociado a la lógica de los hitos H1 a H7. La tabla 81 sintetiza la articulación entre las cinco categorías de la CBS, las cuatro categorías de la ReBS y los componentes principales de la EDT que consumen cada categoría de costo.

Tabla 81.

Articulación de las cinco categorías de la CBS con las categorías de la ReBS y los componentes principales de la EDT

Categoría CBS	Categorías ReBS que la alimentan	Componentes EDT que la consumen
1. Costos directos \$3.144,2 M · 50,1 %	<i>1. Recursos humanos · 2. Equipos y activos fijos · 3. Servicios y logística · 4. Materiales e insumos</i>	Las 21 cuentas de control de la EDT en sus 84 paquetes de trabajo (Fases 0, 2, 3 y 4)
2. Costos indirectos \$752,0 M · 12,0 %	<i>Recursos humanos administrativos del operador · servicios corporativos · sistemas de información</i>	Atribución prorrateada a la totalidad de paquetes de trabajo durante los 11 meses
3. Reserva de contingencia \$1.253,0 M · 20,0 %	<i>Recursos no asignados - se materializan ante ocurrencia de riesgos identificados</i>	Liberación por evento contra los 29 riesgos identificados (Plan de Gestión de Riesgos 3.2.4)

Categoría CBS	Categorías ReBS que la alimentan	Componentes EDT que la consumen
4. Reserva de gestión \$501,0 M · 8,0 %	<i>Recursos no asignados - se materializan ante eventos no identificados</i>	Liberación bajo autorización del patrocinador ante unknown unknowns documentados
5. Utilidad del operador \$627,8 M · 10,0 %	<i>No aplica - la utilidad no consume recursos</i>	No imputable a paquetes — resultado financiero del operador al cierre del proyecto

Nota. Construcción del autor *con base en PMI (2025).*

El principio de doble entrada origen-uso constituye la columna metodológica de la CBS y diferencia un plan de gestión de costos riguroso de una simple lista de partidas presupuestales. Bajo este principio, cada peso del proyecto debe poder rastrearse en dos dimensiones simultáneas: la dimensión del origen (qué recurso humano, material, técnico o logístico consumió), y la dimensión del uso (a qué función presupuestal contribuyó, qué paquete de trabajo financió y qué entregable produjo). Esta doble trazabilidad es la base del sistema de costeo del proyecto y constituye el insumo de los reportes EVM que se describen en el subacápite 3.2.5.e. Operacionalmente, el sistema de costeo del operador registra cada erogación con cuatro atributos simultáneos: cuenta de la CBS (uso), categoría de la ReBS (origen), código de cuenta de control de la EDT (paquete consumidor) y mes calendario (período de devengo). Este sistema de cuatro entradas permite construir los reportes EVM mensuales con granularidad suficiente para identificar desviaciones a nivel de cuenta de control y activar las respuestas correctivas oportunamente.

e. Indicadores de Medición de Desempeño

Los indicadores de medición del desempeño del proyecto se construyen conforme a la metodología de la gestión del valor ganado (Earned Value Management, EVM) del PMBOK 8ª edición, marco canónico de medición integrada del desempeño de costo y cronograma (PMI,

2025, pp. 79-83). El EVM constituye la principal herramienta del dominio Measurement del PMBOK 8ª edición y opera sobre tres métricas básicas (PV, EV, AC) de las cuales se derivan indicadores de variación, índices de desempeño y proyecciones de cierre del proyecto. La metodología permite responder con datos cuantitativos a tres preguntas críticas en cada punto de control: cómo está el proyecto en términos de costo respecto a lo planificado, cómo está en términos de cronograma, y cuál es la proyección esperada de cierre.

Las tres métricas básicas del EVM operan como variables primitivas a partir de las cuales se construyen todos los demás indicadores. La tabla 82 presenta su definición, fórmula de cálculo, fuente del dato y frecuencia de medición conforme se aplicará en el proyecto.

Tabla 82.

Métricas básicas del valor ganado del proyecto

Métrica	Definición	Fórmula/Fuente	Frecuencia
PV Planned Value	Valor planificado de los entregables que deberían haberse completado a la fecha de corte.	<i>Curva S de la línea base · suma acumulada del plan</i>	Lectura semanal del cronograma del proyecto
EV Earned Value	Valor ganado · valor presupuestado del trabajo efectivamente completado a la fecha de corte.	<i>% avance × BAC del paquete de trabajo. Acumulado por componente y por proyecto.</i>	Medición semanal · validación quincenal por el coordinador de calidad (E09)
AC Actual Cost	Costo real efectivamente erogado para producir el trabajo completado a la fecha de corte.	<i>Sistema de costeo del operador. Acumulado contra cuentas de control.</i>	Cierre contable semanal por la profesional administrativa y financiera (E10)
BAC Budget at Completion	Presupuesto total a la conclusión del proyecto · línea base de costos.	<i>\$3.896.200.000 COP — definido en el subacápite 3.2.5.a</i>	Fijo durante la ejecución salvo reformulación por cambio aprobado de alcance

Nota. Construcción del autor *con base en PMI (2025).*

A partir de las tres métricas básicas se derivan cuatro indicadores de desempeño que constituyen el núcleo del reporte EVM: dos variaciones absolutas (CV y SV) y dos índices relativos (CPI y SPI). La tabla 83 presenta su fórmula, interpretación y umbrales de control del proyecto.

Tabla 83.

Variaciones e índices de desempeño del proyecto.

Indicador	Fórmula	Interpretación	Umbral del proyecto
CV Cost Variance	$CV = EV - AC$	CV > 0 → proyecto por debajo del presupuesto CV = 0 → proyecto en presupuesto CV < 0 → proyecto sobre presupuesto	CV ≥ -2 % de EV: normal CV entre -5 % y -2 %: alerta CV < -5 %: crisis
SV Schedule Variance	$SV = EV - PV$	SV > 0 → proyecto adelantado SV = 0 → proyecto en cronograma SV < 0 → proyecto retrasado	SV ≥ -2 % de PV: normal SV entre -5 % y -2 %: alerta SV < -5 %: crisis
CPI Cost Performance Index	$CPI = EV / AC$	CPI > 1 → eficiencia superior al plan CPI = 1 → eficiencia en plan CPI < 1 → ineficiencia	CPI ≥ 0,95: verde CPI entre 0,90 y 0,95: amarillo CPI < 0,90: rojo
SPI Schedule Performance Index	$SPI = EV / PV$	SPI > 1 → ejecución más rápida que el plan SPI = 1 → ejecución en plan SPI < 1 → ejecución más lenta	SPI ≥ 0,95: verde SPI entre 0,90 y 0,95: amarillo SPI < 0,90: rojo

Nota. Construcción del autor con base en PMI (2025) y Mulcahy (2018).

Las proyecciones de cierre permiten estimar, en cada punto de corte, el resultado esperado del proyecto si las condiciones observadas se mantienen. Constituyen una herramienta de alerta temprana que permite al director del proyecto y al patrocinador tomar decisiones informadas sobre acciones correctivas, ajustes de alcance o activación de reservas. La tabla 84 presenta los cuatro indicadores de proyección utilizados en el proyecto.

Tabla 84.*Indicadores de proyección de cierre del proyecto*

Indicador	Fórmula	Supuesto / interpretación	Umbral de alerta del proyecto
EAC Estimate at Completion	$EAC = BAC / CPI$	Costo total esperado al cierre suponiendo que la eficiencia observada se mantiene.	$EAC > 1,05 \times BAC$: notificación al patrocinador y posible activación de reserva
ETC Estimate to Complete	$ETC = EAC - AC$	Costo restante esperado desde la fecha de corte hasta el cierre del proyecto.	$ETC > \text{saldo de reservas disponibles}$: crisis financiera del proyecto
VAC Variance at Completion	$VAC = BAC - EAC$	Variación esperada al cierre · positivo indica ahorro, negativo indica sobre costo.	$VAC < -5 \% \times BAC$: comité financiero extraordinario obligatorio
TCPI To-Complete Performance Index	$TCPI = (BAC - EV) / (BAC - AC)$	Eficiencia mínima requerida en el trabajo restante para terminar dentro del BAC.	$TCPI > 1,10$: meta de eficiencia poco realista · revisar plan de recuperación

Nota. Construcción del autor con base en PMI (2025).

El sistema de control del proyecto opera mediante un semáforo de tres niveles que asocia cada combinación de CPI y SPI a una respuesta organizacional específica, articulada con el protocolo de cinco niveles de escalamiento del subacápite 3.2.1.d. Este mecanismo asegura que cada desviación se gestione al nivel adecuado de autoridad y dentro de plazos compatibles con su criticidad (Tabla 85).

Tabla 85.*Umbrales de control y respuestas escalonadas del proyecto*

Nivel	Condición de activación	Respuesta organizacional	Nivel de escalamiento
VERDE Normal	$CPI \geq 0,95$ y $SPI \geq 0,95$	Seguimiento normal · reportes semanales C04 y mensual C10 · monitoreo continuo de indicadores sin acciones correctivas adicionales.	<i>N1 — director del proyecto (E02). Sin escalamiento.</i>

Nivel	Condición de activación	Respuesta organizacional	Nivel de escalamiento
AMARILLO Alerta	$0,90 \leq CPI < 0,95$ o $0,90 \leq SPI < 0,95$	Alerta temprana · comité semanal extraordinario · análisis de causa raíz · plan de acción documentado en máximo cinco días hábiles.	<i>N2 — comité del operador (E02 + E09 + E10). Notificación N3 al patrocinador (E01).</i>
ROJO Crisis	$CPI < 0,90$ o $SPI < 0,90$	Crisis · activación N3 obligatoria · plan de acción correctiva formal en máximo tres días hábiles · posible activación de reserva de contingencia · revisión del plan del proyecto.	<i>N3 — patrocinador y supervisión IGAC. Escalamiento N4 (interventor) si la crisis persiste.</i>

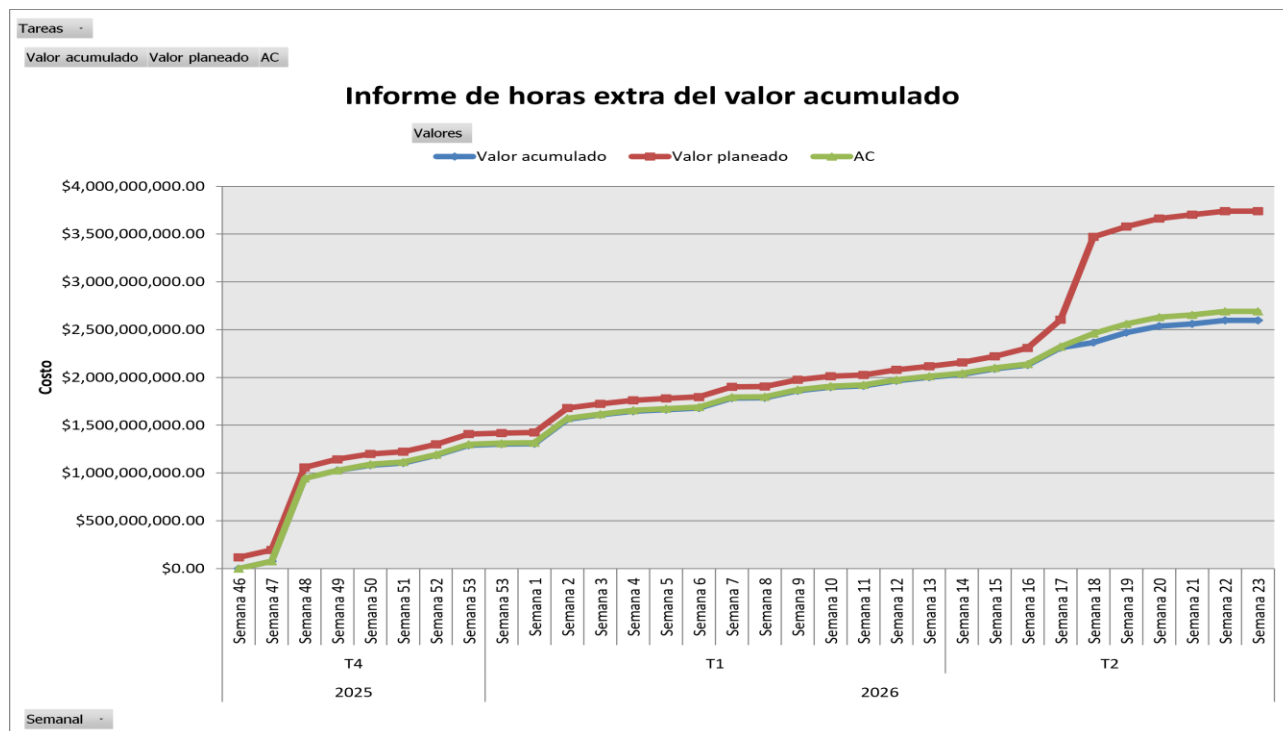
Nota. Construcción del autor con base en PMI (2025).

f. Aplicación Técnica del Valor Ganado con Curvas S Avance

La curva S de avance constituye la representación gráfica acumulada del valor planeado (PV), el valor ganado (EV) y el costo real (AC) en el eje temporal del proyecto, y opera como referencia central de la metodología del valor ganado (PMI, 2025, p. 80). La Ilustración 39 muestra la curva S real del proyecto al corte de la Semana 23 (T2 2026), construida sobre datos semanales del sistema de seguimiento del operador desde la Semana 46 de 2025. Las tres series superpuestas permiten identificar visualmente las brechas de desempeño y contrastarlas con las líneas de control financiero del proyecto definidas en el subacápite 3.2.5.a.

Ilustración 39.

Curva S del proyecto — PV, EV y AC acumulados (Semana 46/2025 a Semana 23/2026)



Nota. Construcción del autor. Generada con Microsoft Project

La curva S del proyecto superpone el valor planeado (PV), el valor ganado (EV) y el costo real (AC) sobre 32 semanas de ejecución (S46/2025–S23/2026). Su lectura se basa en la geometría de las brechas entre las tres líneas, no en puntos aislados (PMI, 2025, p. 80).

Durante T4/2025 las tres series corren superpuestas, confirmando un arranque en ritmo. A partir de T1/2026 el PV se separa hacia arriba mientras EV y AC permanecen juntos por debajo del plan, patrón coherente con las restricciones de orden público y las afectaciones al calendario de campo documentadas desde enero de 2026. Entre las semanas 17 y 18 el PV registra un salto de ~\$870 millones correspondiente al fast tracking que la línea base tenía previsto allí; el EV no lo sigue, confirmando el desplazamiento temporal del devengo. Desde

S18 hasta el corte, las tres líneas crecen en paralelo con una brecha PV–EV constante de \$1.140 millones: el proyecto produce y gasta, pero no recupera el rezago acumulado.

Tabla 86.

Lectura por periodo de la curva S del proyecto (S46/2025 – S23/2026)

Período	Semanas	Patrón observado en la curva S	Interpretación gerencial
T4/2025 Arranque	S46 – S52/2025	PV, EV y AC corren superpuestos. Las tres series avanzan al mismo ritmo sin separación visible.	El proyecto arranca en ritmo. La movilización, la configuración técnica y el PGIP se ejecutan conforme al plan sin desviaciones de costo ni cronograma.
T1/2026 Separación	S01 – S16/2026	El PV comienza a separarse hacia arriba. EV y AC permanecen juntos por debajo del plan, con una brecha creciente.	Las restricciones de orden público y las afectaciones al calendario de campo desde enero de 2026 frenan el avance físico sin generar todavía sobrecosto severo. El CPI se mantiene estable; el SPI empieza a deteriorarse.
Fast tracking S17–S18	S17 – S18/2026	El PV registra un salto de ~\$870 millones correspondiente al fast tracking previsto en la línea base. El EV no sigue el salto.	La aceleración programada en la línea base no se materializa en devengo real. El rezago de cronograma se amplía de forma abrupta y queda fijado en \$1.140 millones, brecha que las semanas siguientes no logran cerrar.
T2/2026 Estabilización	S18 – S23/2026 (corte)	Las tres líneas crecen en paralelo con una brecha PV–EV constante de \$1.140 millones. EV y AC avanzan juntos.	El proyecto produce y gasta al ritmo actual, pero no recupera el rezago acumulado. La constancia de la brecha indica ausencia de aceleración correctiva. El CPI de 0,965 (zona amarilla) refleja un sobrecosto moderado del 3,6 %; el SPI de 0,695 (zona roja) confirma el desplazamiento temporal.

Nota. Construcción del autor con base en el sistema de seguimiento del operador y la metodología EVM del PMI (2025).

Los indicadores al corte revelan una dualidad característica: CPI de 0,965 (zona amarilla) refleja un sobrecosto moderado del 3,6 % explicado por el crecimiento real del universo predial (+39 % sobre la base contractual); SPI de 0,695 (zona roja) indica que el proyecto avanzó al 69,5 % de la velocidad planificada debido a factores externos documentados. El EAC

proyectado de \$4.038,0 millones supera la línea base en \$141,8 millones, monto cubierto por la reserva de contingencia disponible (\$1.253 millones). El TCPI de 1,078 establece que la eficiencia requerida en el trabajo restante debe ser un 7,8 % superior al promedio histórico, meta alcanzable condicionada al cierre oportuno de los hitos H5, H6 y H7.

La distribución mensual de la línea base refleja el patrón sigmoideal característico de los proyectos de servicios profesionales: devengo lento en la movilización y planeación inicial, aceleración sostenida durante el ciclo operativo con fast tracking, y descenso gradual hacia el cierre administrativo. La tabla 87 presenta el detalle mensual con los valores absolutos y los porcentajes acumulados de la línea base.

Tabla 87.

Distribución mensual de la línea base de costos del proyecto.

Mes	Valor del mes (COP)	% del mes	Acumulado (COP)	% acumulado	Hito asociado
M1	\$175.300.000	4,5 %	\$175.300.000	4,50 %	—
M2	\$311.700.000	8,0 %	\$487.000.000	12,50 %	H1 ✓
M3	\$409.100.000	10,5 %	\$896.100.000	23,00 %	H2 ✓
M4	\$487.000.000	12,5 %	\$1.383.100.000	35,50 %	H3 ✓
M5	\$526.000.000	13,5 %	\$1.909.100.000	49,00 %	—
M6	\$545.500.000	14,0 %	\$2.454.600.000	63,00 %	H4 ✓
M7	\$487.000.000	12,5 %	\$2.941.600.000	75,50 %	H5 ✓
M8	\$389.600.000	10,0 %	\$3.331.200.000	85,50 %	—
M9	\$292.200.000	7,5 %	\$3.623.400.000	93,00 %	H6 ✓
M10	\$175.300.000	4,5 %	\$3.798.700.000	97,50 %	—
M11	\$97.500.000	2,5 %	\$3.896.200.000	100,00 %	H7 ✓
TOTAL	\$3.896.200.000	100,0 %	Línea base	100,0 %	7 hitos

Nota. Construcción del autor con base en el cronograma maestro del proyecto.

La distribución por hitos consolida la línea base mensual en siete bloques alineados con los entregables contractuales H1 a H7. Cada hito tiene asociado un porcentaje fijo de pago definido en la cláusula económica del contrato (15 % para los hitos H1 a H6 y 10 % para el hito de cierre H7), aplicable sobre el valor del componente operativo. Esta distribución permite contrastar el devengo del proyecto contra la facturación contractual y proyectar los flujos de caja en cada punto de control (Tabla 88).

Tabla 88.

Distribución de la línea base de costos por hito contractual.

Hito	Denominación	% contractual	Valor LB (COP)	Mes máximo
H1	Planeación detallada e insumos del proyecto	15 %	\$584.430.000	<i>M2</i>
H2	Componente físico-jurídico — UIT 1	15 %	\$584.430.000	<i>M3</i>
H3	Componente físico-jurídico — UIT 2	15 %	\$584.430.000	<i>M4</i>
H4	Componente físico-jurídico — UIT 3	15 %	\$584.430.000	<i>M6</i>
H5	Componente físico-jurídico — UIT 4	15 %	\$584.430.000	<i>M7</i>
H6	Componente físico-jurídico — UIT 5	15 %	\$584.430.000	<i>M9</i>
H7	Cierre · base de datos final · memoria técnica · socialización	10 %	\$389.620.000	<i>M11</i>
TOTAL	Siete hitos contractuales H1–H7	100 %	\$3.896.200.000	11 meses

Nota. Construcción del autor con base en el proyecto.

La tabla 89 presenta la aplicación real de la metodología EVM al proyecto en la fecha de corte de la Semana 23 (T2 2026). La lectura conjunta de los índices muestra una dualidad de señales: el CPI de 0,965 se ubica en zona amarilla (entre 0,90 y 0,95), indicando un sobre costo moderado de \$92,9 millones acumulados; el SPI de 0,695, en cambio, se sitúa en zona roja (por debajo de 0,90), evidenciando que el proyecto avanza al 69,5 % de la velocidad planificada con una brecha de cronograma de \$1.140,3 millones. Este patrón, SPI rojo con CPI amarillo, es

consistente con restricciones operativas de campo que frenan el avance físico sin generar todavía un sobrecosto severo, y activa el protocolo de escalamiento al Nivel 3 (patrocinadora E01 y supervisora IGAC E03) con obligación de presentar un plan de acción correctiva en máximo tres días hábiles.

Tabla 89.
Gestión del valor ganado⁸

FÓRMULAS EVM CANÓNICAS (PMI, 2025)	DATOS REALES — SEMANA 23 · T2 2026 (DATA DATE)
MÉTRICAS BÁSICAS PV = valor planificado EV = valor ganado AC = costo real BAC = \$3.896,2 M (línea base)	PV = \$3.738,8 M EV = \$2.598,5 M (66,7 % del BAC) AC = \$2.691,4 M (69,1 % del BAC) BAC = \$3.896,2 M (sin cambios)
VARIACIONES CV = EV – AC SV = EV – PV	CV = –\$92,9 M (negativo — sobrecosto moderado) SV = –\$1.140,3 M (negativo — retraso severo)
ÍNDICES DE DESEMPEÑO CPI = EV / AC SPI = EV / PV	CPI = 0,965 (entre 0,90 y 0,95 → semáforo AMARILLO) SPI = 0,695 (< 0,90 → semáforo ROJO)
PROYECCIONES DE CIERRE EAC = BAC / CPI ETC = EAC – AC VAC = BAC – EAC TCPI = (BAC – EV) / (BAC – AC)	EAC = \$4.038,0 M (sobrecosto proyectado: +\$141,8 M) ETC = \$1.346,6 M (costo restante estimado) VAC = –\$141,8 M (3,6 % sobre la línea base) TCPI = 1,078 (7,8 % por encima del promedio histórico)
DISPARADOR → SPI < 0,90 → Semáforo ROJO → Escalamiento N3 (patrocinadora E01 + supervisión IGAC E03) → Plan de acción correctiva en 3 días hábiles	

Nota. Construcción del autor con base en PMI (2025). Generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

El reporte EVM del proyecto se emite mensualmente como parte integral del informe consolidado de avance (comunicación C10 del Plan de Gestión de las Comunicaciones del

⁸ Modelo conceptual de la gestión del valor ganado — fórmulas canónicas PMBOK 8ª ed. e ilustración numérica con escenario adverso al mes 6 (data date) mostrando varianzas negativas de costo (CV) y de cronograma (SV). Construcción del autor

subacápite 3.2.3). El reporte se dirige a la patrocinadora (E01), al director del proyecto (E02), a la supervisión IGAC (E03) y al interventor (E13). La tabla 90 presenta el formato estándar del reporte EVM mensual.

Tabla 90.

Formato del reporte EVM mensual del proyecto

Sección	Contenido
1. Encabezado	Mes de corte (data date) · número de período · fecha de elaboración · responsable (E02) · validador (E09).
2. Métricas básicas	PV acumulado · EV acumulado · AC acumulado · BAC · % avance del proyecto al corte.
3. Variaciones e índices	CV · SV · CPI · SPI con interpretación semáforo (verde · amarillo · rojo) por componente y consolidado del proyecto.
4. Proyecciones	EAC · ETC · VAC · TCPI calculados según fórmulas estándar PMI · alertas activadas.
5. Análisis cualitativo	Causa raíz de las desviaciones · acciones correctivas en curso · efectividad esperada · riesgos materializados desde el último reporte.
6. Plan de acción	Acciones aprobadas para el próximo período · responsables · plazos · indicadores de seguimiento · necesidad de escalamiento.
7. Anexos	Reporte detallado por cuenta de control · curva S actualizada con tres líneas · análisis de tendencia de 3 meses.

Nota. Construcción del autor con base en PMI (2025).

Como ejercicio de planeación prospectiva, la tabla 91 simula tres escenarios EVM tomando como referencia el PV real al corte de la Semana 23 (\$3.738,8 millones). La columna adversa corresponde a los datos reales del proyecto; las columnas favorable y base se presentan como horizontes de comparación para calibrar la magnitud de la brecha actual y dimensionar el esfuerzo correctivo requerido.

Tabla 91.

Simulación de tres escenarios EVM al mes 6 del proyecto (data date posterior al Hito 4).

Indicador	Favorable	Base (referencia)	Adverso (real)
PV (Planned Value)	\$3.738,8 M	\$3.738,8 M	\$3.738,8 M
EV (Earned Value)	\$3.925,7 M	\$3.738,8 M	\$2.598,5 M
AC (Actual Cost)	\$3.664,0 M	\$3.738,8 M	\$2.691,4 M
CV = EV – AC	+\$261,7 M	\$0 M	–\$92,9 M
SV = EV – PV	+\$186,9 M	\$0 M	–\$1.140,3 M
CPI = EV / AC	1,071	1,000	0,965
SPI = EV / PV	1,050	1,000	0,695
Semáforo	VERDE	VERDE	ROJO (SPI)
EAC = BAC / CPI	\$3.637,9 M	\$3.896,2 M	\$4.038,0 M
ETC = EAC – AC	–\$26,1 M	\$157,4 M	\$1.346,6 M
VAC = BAC – EAC	+\$258,3 M	\$0 M	–\$141,8 M
TCPI = (BAC–EV)/(BAC–AC)	–0,218	n/a	1,078

Nota. Construcción del autor acorde al proyecto.

El escenario adverso real es el más informativo desde la perspectiva del control del proyecto. El SPI de 0,695 indica que se ha devengado apenas el 69,5 % del valor que debería haberse ganado a esta fecha, con una brecha acumulada de \$1.140,3 millones respecto al plan. El CPI de 0,965, aunque en zona amarilla, proyecta un costo final (EAC) de \$4.038,0 millones, lo que representa un sobre costo de \$141,8 millones sobre la línea base (3,6 %), manejable dentro de la reserva de contingencia disponible (\$1.253 millones). El TCPI de 1,078 indica que la eficiencia operativa requerida para terminar dentro del BAC debe ser un 7,8 % superior al promedio histórico: exigente pero factible si se activan medidas de compresión de cronograma para los hitos H5, H6 y H7 aún pendientes.

El escenario favorable sirve de referencia para entender la magnitud del ajuste necesario: alcanzarlo requeriría revertir la brecha de cronograma acumulada en las semanas restantes, lo

que implicaría un incremento sostenido de la productividad operativa de campo muy por encima del ritmo actual. El escenario base, por su parte, describe la situación en que el avance físico hubiera coincidido exactamente con el plan a la fecha de corte, sin desviaciones en costo ni cronograma. La tabla 92 sintetiza el protocolo de respuesta organizacional según el escenario activado.

Tabla 92.

Protocolo de respuesta del proyecto según escenario activado

Escenario	Acción inmediata	Escalamiento	Plazo
Favorable (CPI > 1 y SPI > 1)	Validación reforzada del EV reportado · revisión cruzada del coordinador de calidad · auditoría aleatoria de paquetes de trabajo.	Nivel 1 (E02)	Validación en máximo 10 días hábiles
Base (CPI ≈ 1 y SPI ≈ 1)	Seguimiento normal · reportes semanales y mensuales · monitoreo continuo sin acciones correctivas adicionales.	Nivel 1 (E02)	Frecuencia estándar de reportes
Adverso (CPI < 0,90 o SPI < 0,90)	Plan de acción correctiva formal · análisis de causa raíz · posible activación de reserva de contingencia · revisión del plan del proyecto · posible renegociación de alcance.	Nivel 3 (E01 + E03)	Plan en 3 días hábiles · ejecución en 10 días

Nota. Construcción del autor acorde al proyecto.

3.2.6. Plan de Gestión de Calidad

Plan de Gestión de la Calidad del proyecto se desarrolla bajo el marco del PMBOK 8^a edición (PMI, 2025), articulado con la norma ISO 9001:2015, el CONPES 3958 de 2019 y las Resoluciones IGAC 1040 de 2023, 746 de 2024 y 338 de 2023. La octava edición del PMBOK formaliza la calidad como uno de los doce principios rectores de la gerencia de proyectos bajo el enunciado de incorporar la calidad en los procesos y entregables (PMI, 2025), concepción

coherente con la doctrina clásica del aseguramiento de la calidad operacionalizada por la familia ISO 9000.

El plan se articula con los dominios PMBOK de Entrega (conformidad con criterios de aceptación), Medición (indicadores cuantitativos integrados con el valor ganado del subacápite 3.2.5) y Trabajo del proyecto (revisiones y auditorías incorporadas al cronograma). No opera de forma aislada: recoge requerimientos de los planes subsidiarios previos del PGIP y los traduce en especificaciones técnicas medibles.

a. Especificaciones Técnicas de Requerimientos

Las especificaciones técnicas de requerimientos de calidad constituyen el «conjunto de atributos verificables que un entregable debe satisfacer para ser declarado conforme» (PMI, 2025, p. 156). En proyectos de actualización catastral, esta definición adquiere particular relevancia porque la conformidad técnica de los productos está condicionada por instrumentos normativos de orden superior (Resoluciones IGAC, Ley 1581 de 2012, Ley 594 de 2000, ISO 9001:2015) cuya inobservancia no solo afecta la calidad del entregable, sino la validez jurídica del producto catastral final.

Para garantizar la trazabilidad, la verificabilidad y la integralidad de los requerimientos, el presente plan codifica cada especificación técnica con el identificador Qnn (donde nn es un correlativo de dos dígitos) y la documenta con siete atributos: identificador, componente, descripción del requerimiento, fuente normativa o documental, criterio de aceptación, método de verificación y responsable nominal (Tabla 93).

Tabla 93.

Distribución de los cuarenta requerimientos técnicos de calidad por bloque temático.

Bloque	Rango	Cantidad	Fuente normativa principal
Componente Físico (FIS)	Q01 – Q12	12	<i>Resolución IGAC 1040 de 2023 y 746 de 2024 · Modelo LADM_COL</i>
Componente Jurídico (JUR)	Q13 – Q20	8	<i>Código Civil Colombiano · Ley 1579 de 2012 · Decreto 1170 de 2015</i>
Componente Económico (ECO)	Q21 – Q28	8	<i>Resolución IGAC 620 de 2008 · Decreto 1420 de 1998 · IVSC, 2022</i>
Componente Social (SOC)	Q29 – Q34	6	<i>Resolución IGAC 338 de 2023 · Ley 70 de 1993 · Convenio OIT 169</i>
Transversales y PMI (PMI)	Q35 – Q40	6	<i>ISO 9001:2015 · PMBOK 8ª ed. · ISO/IEC 25012 · Ley 1581 de 2012</i>

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.

El bloque Físico concentra los requerimientos relativos a la captura geométrica y atributiva de los predios mediante QField sobre QGIS con receptores GNSS. Los requerimientos derivan principalmente de la Resolución IGAC 1040 de 2023, que establece las especificaciones técnicas del modelo LADM_COL versión 1.0, y de la Resolución IGAC 746 de 2024, que actualiza el catálogo de objetos y los criterios de validación topológica, en el Anexo R.

Especificaciones técnicas de **requerimientos del Componente Físico (Q01 – Q12)**

El bloque Jurídico recoge los requerimientos relativos a la verificación de la titularidad, las formas de tenencia y los derechos asociados a cada predio. Su carga normativa proviene del Código Civil Colombiano, de la Ley 1579 de 2012 sobre estatuto registral y del Decreto 1170 de 2015 sobre interrelación catastro-registro. La protección de datos personales (Ley 1581 de 2012)

se incorpora como restricción transversal aplicable a todo el bloque, el cual puede consultarse en el **Anexo S**. Especificaciones técnicas de requerimientos del Componente Jurídico (Q13 – Q20)

El bloque Económico desarrolla los requerimientos sobre la determinación de las zonas homogéneas físicas (ZHF), las zonas homogéneas geoeconómicas (ZHG) y el avalúo masivo del suelo. Los criterios se derivan de la Resolución IGAC 620 de 2008, el Decreto 1420 de 1998 y los estándares internacionales de valuación del International Valuation Standards Council (IVSC, 2022). El cierre del componente requiere aprobación de la Mesa Técnica de Avalúos convocada por el IGAC, información detallada que puede ser consultado en el Anexo T.

Especificaciones técnicas de **requerimientos del** Componente Económico (Q21 – Q28)

El bloque Social agrupa los requerimientos derivados del Plan de Diálogo e Interlocución Social (PDI) con enfoque intercultural y de la salvaguarda étnico-territorial de la Resolución IGAC 338 de 2023. Su carga normativa proviene de la Ley 70 de 1993, del Convenio 169 de la OIT (incorporado mediante Ley 21 de 1991) y de las directrices de participación informada del CONPES 3958 de 2019, información que puede ser consultada en el **Anexo U**. Especificaciones técnicas de requerimientos del Componente Social (Q29 – Q34)

El bloque Transversal recoge los requerimientos derivados del sistema de gestión de la calidad bajo ISO 9001:2015, del PMBOK 8ª edición y de la calidad de datos bajo ISO/IEC 25012. Aplica a todos los componentes del proyecto y constituye el marco mínimo de aseguramiento metodológico, información que puede ser consultada en el Anexo V.

Especificaciones técnicas de **requerimientos del** bloque Transversal y PMI (Q35 – Q40)

La matriz de trazabilidad cumple dos funciones críticas: garantizar que cada entregable del proyecto satisfaga al menos un requerimiento de calidad codificado y que cada

requerimiento se verifique en el momento del cronograma correspondiente. La Tabla 94 presenta la matriz consolidada por hito contractual H1 a H7.

Tabla 94.

Matriz de trazabilidad de requerimientos de calidad por hito contractual.

Hito	Entregable principal	Requerimientos verificados	Validador formal
H1	Plan de Gestión Integral del Proyecto y planes subsidiarios.	<i>Q35, Q36, Q37, Q38, Q39, Q40</i>	Interventor (E13) · IGAC (E03)
H2	Componente social y mesa étnico-territorial activada (UIT 1-2).	<i>Q29, Q30, Q31, Q32, Q33, Q34</i>	Líder Social (E07) · IGAC (E03)
H3	Levantamiento físico UIT 1-3 y base preliminar LADM_COL.	<i>Q01 a Q12 (físico) · Q40 (calidad datos)</i>	Interventor (E13) · IGAC (E03)
H4	Componente jurídico y económico (ZHF/ZHG aprobadas).	<i>Q13 a Q20 (jurídico) · Q21 a Q28 (económico)</i>	Mesa Técnica de Avalúos · Interventor
H5	Avance integrado de los cuatro componentes UIT 4-5.	<i>Q01 a Q34 (verificación cruzada UIT 4-5)</i>	Interventor (E13) · IGAC (E03)
H6	Base catastral preliminar consolidada en XTF.	<i>Q05, Q06, Q11, Q40 · Q35-Q39 (sistema de calidad)</i>	Interventor (E13) · IGAC (E03)
H7	Base catastral final aprobada y resolución de aprobación.	<i>Q01 a Q40 (verificación integral)</i>	Director Territorial IGAC Sucre

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.

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

El PMBOK 8ª edición (PMI, 2025) incorpora dentro del dominio de Trabajo del proyecto un conjunto de herramientas para el control de la calidad, históricamente conocidas como las «siete herramientas básicas» propuestas por Kaoru Ishikawa (Ishikawa, 1985). Esta sección presenta cinco de esas herramientas aplicadas al proyecto: el flujograma del proceso de control, el diagrama de causa-efecto de Ishikawa, las hojas de chequeo de campo, el diagrama de Pareto de defectos esperados y el gráfico de control estadístico del índice de conformidad Q. Cada herramienta cumple una función específica en el ciclo PDCA de Deming (1986) y todas se articulan con los requerimientos Q01-Q40 definidos en la subsección anterior.

El flujograma documenta el proceso operativo mediante el cual el equipo del proyecto detecta, registra, trata y cierra los hallazgos de calidad. Su lectura se realiza de arriba hacia abajo, con bifurcaciones explícitas en los puntos de decisión y con la asignación clara de responsable y tiempo objetivo en cada actividad. La tabla presenta el flujograma en notación tabular procesal, que permite preservar la searchability del documento y elimina las distorsiones de renderizado que afectan los diagramas raster en conversiones a PDF (Tabla 95).

Tabla 95.

Flujograma del proceso de control de la calidad del proyecto.

Paso	Tipo	Actividad	Responsable	SLA	Salida
1.0	Inicio	Recepción del entregable o detección del evento de calidad por el equipo de campo o el revisor.	<i>Profesional de componente</i>	Inmediato	<i>Registro abierto</i>
2.0	Proceso	Aplicación de la lista de verificación correspondiente (LV-FIS/JUR/ECO/SOC/INT) sobre el entregable.	<i>Líder de componente</i>	≤ 24 h	<i>Lista diligenciada</i>
3.0	Decisión	¿La lista de verificación arroja conformidad total? Si SÍ → paso 4.0. Si NO → paso 5.0.	<i>Líder de componente</i>	Inmediato	<i>Resultado SÍ/NO</i>

Paso	Tipo	Actividad	Responsable	SLA	Salida
4.0	Proceso	Registro de conformidad en bitácora. Reporte semanal mediante la comunicación C04.	<i>Líder de componente</i>	≤ 48 h	<i>Conformidad cerrada</i>
5.0	Proceso	Clasificación de la no conformidad (NCR) en crítica, mayor o menor según criterios de la subsección 3.2.6.d.	<i>Líder de Calidad (E08)</i>	≤ 48 h	<i>NCR clasificada</i>
6.0	Decisión	¿La NCR es crítica? Si SÍ → escalamiento N2 inmediato (subacápita 3.2.1.d). Si NO → paso 7.0.	<i>Líder de Calidad (E08)</i>	Inmediato	<i>Ruta decidida</i>
7.0	Proceso	Asignación de la NCR al responsable del tratamiento con definición de causa-raíz mediante diagrama de Ishikawa.	<i>Líder de Calidad + Comp.</i>	≤ 72 h	<i>Análisis causal</i>
8.0	Proceso	Ejecución del plan de acción correctivo y/o preventivo. Documentación de evidencias.	<i>Líder de componente</i>	Según SLA NCR	<i>Evidencias</i>
9.0	Decisión	¿La acción correctiva eliminó la causa-raíz? Si SÍ → paso 10.0. Si NO → paso 7.0 (nuevo análisis).	<i>Líder de Calidad (E08)</i>	Inmediato	<i>Verificación</i>
10.0	Proceso	Cierre formal de la NCR. Actualización del registro de no conformidades y del repositorio de lecciones aprendidas.	<i>Líder de Calidad (E08)</i>	≤ 24 h	<i>NCR cerrada</i>
11.0	Proceso	Consolidación mensual en informe de calidad. Reporte a la interventoría y al patrocinador mediante la comunicación C10.	<i>Líder de Calidad (E08)</i>	Mensual	<i>Informe C10</i>
12.0	Fin	Cierre del ciclo. Insumo del próximo ciclo PDCA y de la auditoría interna mensual.	<i>Líder de Calidad (E08)</i>	—	<i>Ciclo cerrado</i>

Nota. Construcción del autor con notación BPMN tabular.

El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa-efecto, permite identificar de manera estructurada las causas potenciales que pueden generar la no conformidad de un entregable (Ishikawa, 1985). El presente plan adopta el esquema canónico de las 6M: Mano de obra, Método, Maquinaria/herramienta, Material/insumo, Medio (entorno) y Medición. La Tabla 96 desarrolla las causas potenciales identificadas para el efecto adverso «entregable no conforme con el índice $Q \geq 95\%$ », agrupadas por componente catastral.

Tabla 96.

Diagrama de Ishikawa expresado en estructura tabular jerárquica. Efecto: entregable con índice $Q < 95\%$.

Categoría (6M)	Causa potencial principal	Manifestación operativa	Componente
Mano de obra	Personal insuficientemente capacitado en métodos catastrales.	<i>Errores de identificación predial, omisión de construcciones.</i>	Físico
Mano de obra	Rotación elevada del equipo de campo durante la ejecución.	<i>Pérdida de curva de aprendizaje, retrabajos en UIT visitadas.</i>	Físico · Social
Mano de obra	Falta de formación en el modelo LADM_COL.	<i>Diligenciamiento incorrecto de atributos en QField.</i>	Físico · SIG
Método	Procedimiento de captura sin protocolo de autocontrol diario.	<i>Detección tardía de errores que se acumulan UIT tras UIT.</i>	Todos
Método	Ausencia de criterio único para clasificar formas de tenencia.	<i>Inconsistencias en la asignación de tipo de tenencia LADM_COL.</i>	Jurídico
Método	Muestreo insuficiente o sesgado para puntos de mercado.	<i>Modelos econométricos con R^2 insuficiente, valores atípicos.</i>	Económico

Categoría (6M)	Causa potencial principal	Manifestación operativa	Componente
Maquinaria	Receptores GNSS sin calibración diaria.	<i>Deriva planimétrica, error por encima de tolerancias Q01/Q02.</i>	Físico
Maquinaria	Dispositivos móviles con software desactualizado.	<i>Versiones incompatibles de QField, pérdida de datos.</i>	Físico · SIG
Maquinaria	Conectividad limitada en territorio rural.	<i>Sincronización tardía, riesgo de pérdida de información.</i>	Físico · Social
Material	Cartografía base desactualizada o con omisiones.	<i>Levantamiento incompleto, predios no identificados.</i>	Físico · SIG
Material	Ortofotos con resolución o vigencia inadecuada.	<i>Imposibilidad de identificar construcciones recientes.</i>	Físico
Material	Documentos registrales ilegibles o incompletos.	<i>Cadena de tradición incompleta, NCR jurídica.</i>	Jurídico
Medio	Condiciones climáticas adversas (lluvias, calor extremo).	<i>Retrasos, levantamiento parcial, riesgo de SST.</i>	Todos
Medio	Conflictividad social o tensión territorial.	<i>Negativa al ingreso, conflictos sociales, escalamiento N3.</i>	Social
Medio	Predios en zonas étnico-territoriales sin protocolo activo.	<i>Inobservancia de salvaguarda Res. IGAC 338/2023.</i>	Social · Jurídico
Medición	Lista de verificación incompleta o desactualizada.	<i>Hallazgos no detectados en autocontrol.</i>	Todos
Medición	Auditoría interna esporádica o sin trazabilidad.	<i>Indicadores Q sin evidencia objetiva.</i>	Todos
Medición	Indicador Q calculado sin protocolo estandarizado.	<i>Reportes no comparables entre hitos.</i>	Todos

Nota. Construcción del autor con base en Ishikawa (1985).

Las hojas de chequeo son instrumentos de registro operativo que el equipo de campo diligencia en cada UIT para verificar el cumplimiento de los criterios mínimos de calidad antes de declarar terminada una unidad de trabajo. A diferencia de las listas de verificación de la subsección e, las hojas de chequeo registran la frecuencia con la que se presenta cada tipo de hallazgo, lo que permite su agregación estadística para el diagrama de Pareto. El plan adopta cuatro hojas de chequeo principales, una por componente.

Tabla 97.

Estructura de la hoja de chequeo HC-FIS-01 para el componente Físico

Ítem	Punto de verificación	Req. asoc.	Conteo	% NC	Obs.
01	Ficha predial diligenciada en QField con todos los campos obligatorios.	<i>Q05, Q07</i>	[] / []	[]%	[]
02	Geometría predial cerrada, sin auto-intersecciones ni anillos abiertos.	<i>Q04</i>	[] / []	[]%	[]
03	Coordenadas GNSS dentro de la tolerancia urbana (≤ 10 cm) o rural (≤ 30 cm).	<i>Q01, Q02</i>	[] / []	[]%	[]
04	Construcciones identificadas, georreferenciadas y atributadas (uso, área, pisos).	<i>Q09</i>	[] / []	[]%	[]
05	Identificador catastral único asignado y validado.	<i>Q11</i>	[] / []	[]%	[]
06	Calibración GNSS del día registrada en bitácora.	<i>Q08</i>	[] / []	[]%	[]
07	Metadatos básicos de la capa diligenciados.	<i>Q12</i>	[] / []	[]%	[]
08	Ortofoto utilizada como referencia con vigencia aceptable.	<i>Q09</i>	[] / []	[]%	[]
09	Acta de socialización con el predio o autorización del propietario presente en campo.	<i>Q16, Q29</i>	[] / []	[]%	[]

Ítem	Punto de verificación	Req. asoc.	Conteo	% NC	Obs.
10	Pedio etiquetado y registrado en mapa de avance de la UIT.	Q07	[] / []	[] %	[]

Nota. Estructura tipo de la hoja de chequeo.

El diagrama de Pareto, basado en el principio 80/20 enunciado por Vilfredo Pareto (1896) y aplicado a la calidad por Juran (1988), permite identificar las pocas categorías de defectos que concentran la mayoría de los hallazgos. La Tabla 98 presenta las diez categorías de defectos esperados en el proyecto, ordenadas de mayor a menor frecuencia esperada, con su frecuencia relativa y acumulada. La estimación se basa en la experiencia documentada del operador en proyectos de actualización catastral multipropósito y en los hallazgos del estudio de mercado del subacápite académico previo.

Tabla 98.

Diagrama de Pareto: categorías de defectos esperados con frecuencia relativa y acumulada.

Rank	Categoría de defecto	Frec. Esperada	% Relativo	% Acumulado	Zona
1	Inconsistencia entre levantamiento físico y datos registrales (Q17).	220	24.2 %	24.2 %	A
2	Pedios con cadena de tradición incompleta (Q13).	165	18.1 %	42.3 %	A
3	Errores topológicos en capa predial (auto-intersecciones, vacíos) (Q04).	98	10.8 %	53.1 %	A
4	Construcciones no identificadas o subdimensionadas (Q09).	82	9.0 %	62.1 %	A
5	Diligenciamiento incompleto de ficha jurídica (Q15).	75	8.2 %	70.3 %	A
6	Coordenadas GNSS fuera de tolerancia rural (Q02).	58	6.4 %	76.7 %	B

Rank	Categoría de defecto	Frec. Esperada	% Relativo	% Acumulado	Zona
7	Materiales de socialización no validados con comunidad (Q30).	52	5.7 %	82.4 %	B
8	Modelos econométricos con R^2 inferior al umbral (Q23).	47	5.2 %	87.6 %	B
9	Documentación valuatoria sin firma de valuador idóneo (Q26).	38	4.2 %	91.8 %	C
10	Otros (metadatos, calibraiones, varios).	75	8.2 %	100.0 %	C
Σ	<i>Total de hallazgos esperados en el ciclo de proyecto</i>	910	100,0 %	—	—

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.

El gráfico de control, desarrollado por Walter Shewhart (1931) y posteriormente sistematizado por Deming, permite distinguir entre la variación de causa común (inherente al proceso) y la variación de causa especial (atribuible a un evento singular). Para el proyecto, el gráfico se aplica al índice de conformidad técnica Q calculado semanalmente por el líder de calidad. Los límites de control se establecen a $\pm 3 \sigma$ alrededor de la media histórica del proyecto (asumida en 96,5 % a partir del piloto de la UIT 1) y se complementan con las reglas de Western Electric para la detección de patrones no aleatorios (Tabla 99 y 100).

Tabla 99.

Parámetros del gráfico de control del índice de conformidad Q.

Parámetro	Símbolo	Valor	Interpretación
Línea central (media del proceso)	$LC = \mu$	96,5 %	Promedio histórico del piloto UIT 1
Desviación estándar del proceso	σ	0,8 puntos porcentuales	Variabilidad observada del piloto

Parámetro	Símbolo	Valor	Interpretación
Límite de control superior	$LCS = \mu + 3\sigma$	98,9 %	Frontera superior de causa común
Límite de control inferior	$LCI = \mu - 3\sigma$	94,1 %	Frontera inferior de causa común
Umbral contractual mínimo	Q_{min}	95,0 %	Umbral contractual (entre LC y LCI)
Tamaño del subgrupo de muestreo	n	30 predios / semana	Muestra estadísticamente representativa
Frecuencia de muestreo	f	Semanal	Coincide con la comunicación C04

Nota. Construcción del autor con base en Shewhart (1931) y Western Electric Company (1956).

Tabla 100.

Representación tabular del gráfico de control del índice Q con zonas de Western Electric.

Zona	Rango	Significado	Acción
Zona A sup.	Entre $\mu + 2\sigma$ y $\mu + 3\sigma$ (97,3 – 98,9 %)	Variación natural alta. Tres puntos consecutivos aquí indican mejora estructural del proceso.	Verificación
Zona B sup.	Entre $\mu + \sigma$ y $\mu + 2\sigma$ (96,3 – 97,3 %)	Variación natural moderada.	Sin acción
Zona C sup.	Entre μ y $\mu + \sigma$ (95,5 – 96,3 %)	Operación normal. Frecuencia esperada del proceso.	Continuar
LC	$\mu = 96,5 \%$	Línea central del proceso.	Referencia
Zona C inf.	Entre $\mu - \sigma$ y μ (95,7 – 96,5 %)	Operación normal por debajo de la media.	Continuar
Umbral Q	$Q_{min} = 95,0 \%$	Umbral contractual mínimo.	ALERTA
Zona B inf.	Entre $\mu - 2\sigma$ y $\mu - \sigma$ (94,9 – 95,7 %)	Variación natural baja. Vigilancia incrementada.	Investigación
Zona A inf.	Entre $\mu - 3\sigma$ y $\mu - 2\sigma$ (94,1 – 94,9 %)	Frontera de causa especial. Posible salida de control.	Acción inmediata

Zona	Rango	Significado	Acción
Fuera LCI	$Q < 94,1 \%$	Causa especial detectada. Proceso fuera de control estadístico y por debajo del umbral contractual.	Detener / Escalar N3

Nota. Construcción del autor con base en Western Electric Company (1956).

c. Formato Inspecciones

La inspección, conforme a la definición del PMBOK 8ª edición, es «el examen estructurado de un producto o proceso para verificar su conformidad con los requerimientos pactados» (PMI, 2025, p. 162). En el presente plan, la inspección constituye la principal herramienta de control de calidad ejercida por la primera y segunda línea de defensa (autocontrol y aseguramiento independiente), mientras que la auditoría (subsección d) se reserva para la verificación sistémica que ejerce la segunda y tercera línea. La inspección verifica entregables específicos; la auditoría verifica el sistema.

El proyecto adopta tres tipos de inspección diferenciados por el momento de aplicación, el objeto verificado y el responsable. La tabla 101 sintetiza la tipología.

Tabla 101.

Tipología de inspecciones aplicadas en el proyecto.

Tipo	Momento	Objeto	Responsable	Frecuencia
Inspección de proceso (IP)	<i>Durante la ejecución</i>	Verificar que las actividades de campo y oficina se ejecutan conforme al procedimiento documentado.	<i>Líder de componente (1ª línea)</i>	Diaria
Inspección de producto (IPr)	<i>Al cierre de cada UIT</i>	Verificar que los entregables de la UIT satisfacen los requerimientos Q correspondientes.	<i>Líder de Calidad (2ª línea)</i>	Por UIT

Tipo	Momento	Objeto	Responsable	Frecuencia
Inspección de cierre (IC)	<i>Al cierre de cada hito</i>	Verificar la integridad del paquete de entregables del hito previo a su presentación a la interventoría.	<i>Líder de Calidad + Director</i>	Por hito (7)

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.

La ficha FI-Q01 constituye el formato estandarizado para registrar las tres tipologías de inspección. Su estructura comprende cinco bloques: identificación, objeto, criterios verificados, calificación y firmas. La Tabla 102 presenta la estructura completa del formato.

Bloque 1. Identificación

Tabla 102.

Estructura del Formato FI-Q01 — Ficha de inspección.

Campo	Valor	Instrucción
Código de inspección	<i>FI-Q01-[NNN]</i>	Codificación correlativa anual del proyecto.
Tipo de inspección	<i>☐ IP ☐ IPr ☐ IC</i>	Marcar el tipo conforme a la Tabla 18.
Fecha y hora	<i>[dd/mm/aaaa] – [hh:mm]</i>	Fecha y hora de la inspección.
UIT / Hito asociado	<i>UIT_[01-05] / Hito [H1-H7]</i>	Unidad de Intervención Territorial o hito.
Componente	<i>☐ Físico ☐ Jurídico ☐ Económico ☐ Social ☐ Integración</i>	Componente catastral inspeccionado.
Inspector responsable	<i>[Nombre · cargo · firma]</i>	Profesional que ejecuta la inspección.
Inspeccionado	<i>[Nombre del responsable del producto / proceso]</i>	Persona o equipo cuyo producto es inspeccionado.

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.

Bloque 2. Objeto y alcance

La tabla 103 representa el Bloque 2. Objeto y alcance

Tabla 103.

Bloque 2. Objeto y alcance

Campo	Valor	Instrucción
Objeto de la inspección	<i>[Descripción libre del entregable o proceso a inspeccionar]</i>	Texto narrativo, máximo dos líneas.
Tamaño del lote	<i>[N predios o documentos] / [universo total]</i>	Población a la que pertenece la muestra.
Tamaño de la muestra	<i>[n predios o documentos]</i>	Calculado conforme a NTC-ISO 2859-1 si aplica.
Método de muestreo	☐ Aleatorio simple ☐ Estratificado ☐ Sistemático ☐ Total	Método de selección de la muestra.
Requerimientos verificados	<i>[Lista de IDs Q01 – Q40 verificados]</i>	Códigos de la subsección 3.2.6.a.

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.

Bloque 3. Criterios verificados y resultados

La tabla 104 representa la tabla de criterios verificados

Tabla 104.

Tabla de criterios verificados (cuerpo principal del formato FI-Q01).

#	Req. (Q)	Criterio verificado	Cump.	No cump.	N/A	Observación
1	Q01	Precisión planimétrica urbana ≤ 10 cm	☐	☐	☐	<i>[_____]</i>
2	Q04	Compleitud topológica (0 errores críticos)	☐	☐	☐	<i>[_____]</i>

#	Req. (Q)	Criterio verificado	Cump.	No cump.	N/A	Observación
3	Q05	Conformidad con modelo LADM_COL versión 1.0	☐	☐	☐	[_____]
4	Q09	Construcciones identificadas (huella, área, pisos)	☐	☐	☐	[_____]
5	Q11	Identificador catastral único (NUPRE) válido	☐	☐	☐	[_____]
...	...	[Continúa según requerimientos aplicables]	☐	☐	☐	[_____]

Nota. La tabla se completa con todos los requerimientos Q aplicables al objeto inspeccionado. Cada fila se marca exclusivamente en una de las columnas Cumple, No cumple o N/A. Las observaciones son obligatorias cuando se marca No cumple.

Bloque 4. Calificación de la inspección

La calificación de la inspección se calcula como el porcentaje de criterios cumplidos sobre el total de criterios aplicables (excluyendo los marcados como N/A) y se interpreta según la escala de calificación presentada en la tabla 105.

Tabla 105.

Escala de calificación de la inspección y decisión asociada.

Rango	Categoría	Significado	Decisión
$\geq 98 \%$	Excelente	Conformidad muy alta. El producto satisface integralmente los requerimientos.	Aprobar y archivar.
95,0 – 97,9 %	Aceptable	Conformidad por encima del umbral contractual. Hallazgos menores documentados.	Aprobar con observaciones.
90,0 – 94,9 %	Marginal	Conformidad por debajo del umbral contractual. Requiere plan de acción correctiva.	Suspender entrega · NCR mayor.

Rango	Categoría	Significado	Decisión
< 90 %	Crítica	Conformidad inaceptable. Indicador Q comprometido. Posible salida de control estadístico.	Rechazar · NCR crítica · N3.

Nota. Construcción del autor. El umbral del 95 % se alinea con el indicador de conformidad técnica Q definido como condición contractual de pago en cada hito. Una calificación marginal o crítica activa los procedimientos de no conformidad de la subsección 3.2.6.d y, eventualmente, el protocolo de escalamiento del subacápite 3.2.1.d.

Bloque 5. Resultado, firmas y trazabilidad

La tabla 106 representa los resultados, firmas y trazabilidad

Tabla 106.

Bloque 5. Resultado, firmas y trazabilidad

Campo	Valor	Instrucción
Calificación final	[__] %	Calculada conforme a la sección B4.
Categoría	☐ Excelente ☐ Aceptable ☐ Marginal ☐ Crítica	Marcar la categoría correspondiente.
Hallazgos críticos	[Texto narrativo · máximo 5 hallazgos]	Lista de los hallazgos de mayor severidad.
Plan de acción asociado	[Descripción del plan o número de NCR vinculada]	Si aplica, número de NCR generada.
Firma inspector	_____	Firma del responsable de la inspección.
Firma inspeccionado	_____	Firma del responsable del proceso/producto.
V°B° Líder de Calidad	_____	Visto bueno del líder de Calidad (E08).

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.

Procedimiento de aplicación del formato

El procedimiento operativo de aplicación del formato FI-Q01 se descompone en cinco fases secuenciales que garantizan la trazabilidad, la objetividad y el cierre de cada inspección.

La Tabla 107 sintetiza el procedimiento.

Tabla 107.

Procedimiento operativo de aplicación del formato FI-Q01.

Fase	Actividad principal	Responsable	Plazo
1. Planificación	Selección del objeto y la muestra, identificación de requerimientos Q aplicables, programación logística.	<i>Líder Calidad (E08)</i>	≤ 48 h antes
2. Ejecución	Aplicación in situ del formato, verificación de cada criterio con evidencia objetiva (foto, log, documento).	<i>Inspector designado</i>	Conforme programación
3. Registro	Cálculo de la calificación, clasificación según escala, redacción de hallazgos.	<i>Inspector designado</i>	≤ 24 h posteriores
4. Comunicación	Envío del formato al inspeccionado y al líder de Calidad. Vinculación a NCR si aplica.	<i>Inspector + Líder Calidad</i>	≤ 48 h posteriores
5. Cierre	Verificación del cierre de las acciones derivadas. Archivo en el repositorio del proyecto.	<i>Líder Calidad (E08)</i>	Según SLA de la NCR

Nota. Construcción del autor con base en ISO 9001:2015 y el ciclo PDCA de Deming. El plazo total entre planificación y comunicación no debe exceder los cinco días hábiles para preservar la oportunidad del control.

d. Formato Auditorías

La auditoría, conforme a la norma ISO 19011:2018, es el «proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencia objetiva y evaluarla de manera objetiva, con el fin de determinar el grado en que se cumplen los criterios de auditoría» (ISO, 2018).

Mientras la inspección examina entregables específicos, la auditoría examina la conformidad del sistema de gestión de la calidad y la coherencia entre lo planificado y lo ejecutado. En el

presente plan, las auditorías se ejecutan bajo dos modalidades: auditoría interna mensual (segunda línea de defensa) y auditoría externa por hito a cargo de la interventoría (tercera línea de defensa).

e. Programa anual de auditorías

El programa anual de auditorías define con anticipación los alcances, las fechas y los auditores responsables de cada auditoría del ciclo de proyecto. Su construcción se realiza al inicio de la Fase 0 (movilización) y se actualiza al cierre de cada hito con base en los hallazgos previos. El Anexo W. Programa anual de **auditorías internas y externas** del proyecto, presenta el programa para el ciclo de once meses del proyecto.

La ficha FA-Q01 estandariza el registro de las auditorías internas y externas del proyecto. Su estructura se ajusta al numeral 6 de la norma ISO 19011:2018 y se compone de seis bloques: información general, criterios y alcance, equipo auditor, hallazgos, conclusiones y firmas. La estructura se presenta en las tablas 108 a 111.

Bloque 1. Información general

Tabla 108.

Formato FA-Q01 — Bloque 1: información general.

Campo	Contenido
Código de auditoría	<i>FA-Q01-[NNN] (correlativo anual)</i>
Modalidad	<i>☐ Auditoría interna ☐ Auditoría externa (interventoría)</i>
Auditoría número	<i>[AI-01 a AI-10] o [AE-01 a AE-05]</i>
Fecha de ejecución	<i>[dd/mm/aaaa] (puede abarcar varios días)</i>
Auditado	<i>[Componente / proceso / área auditada]</i>
Hito asociado	<i>[H1-H7] (si aplica)</i>

Campo	Contenido
Distribución	<i>Director del proyecto, patrocinadora, líder auditado, IGAC, interventoría</i>

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.

Bloque 2. Criterios y alcance

Tabla 109.

Bloque 2. Criterios y alcance

Campo	Contenido
Criterios de auditoría	<i>Requerimientos Q01-Q40 aplicables · ISO 9001:2015 · ISO 19011:2018 · Resoluciones IGAC · contrato</i>
Alcance	<i>[Procesos, productos, UIT y periodo cubiertos por la auditoría]</i>
Objetivos específicos	<i>[Lista priorizada de objetivos, máximo 5]</i>
Metodología	<i>Revisión documental, entrevistas, observación in situ, muestreo aleatorio estratificado</i>
Restricciones	<i>[Limitaciones conocidas: acceso, disponibilidad de personal, conectividad]</i>

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.

Bloque 3. Equipo auditor

Tabla 110.

Bloque 3. Equipo auditor

Campo	Contenido
Auditor líder	<i>[Nombre · perfil · certificación ISO 19011 si aplica]</i>
Audidores acompañantes	<i>[Nombres y perfiles]</i>
Independencia declarada	<i>El auditor líder declara no haber participado en el proceso auditado en los últimos seis meses.</i>

Campo	Contenido
Experto técnico (si aplica)	<i>[Nombre y rol del experto: SIG, valuador, jurídico, social]</i>

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.

Bloque 4. Hallazgos de auditoría

Tabla 111.

Formato FA-Q01 — Bloque 4: registro de hallazgos.

#	Clasificación	Hallazgo	Req. Q	Evidencia	NCR
1	☐ <i>NCR Crítica</i> ☐ <i>NCR Mayor</i> ☐ <i>NCR Menor</i> ☐ <i>OM</i>	[Descripción del hallazgo · máximo 3 líneas]	[Qnn]	<i>[Doc / foto / log]</i>	NCR-[NNN]
2	☐ <i>NCR Crítica</i> ☐ <i>NCR Mayor</i> ☐ <i>NCR Menor</i> ☐ <i>OM</i>	[Descripción del hallazgo]	[Qnn]	<i>[Doc / foto / log]</i>	NCR-[NNN]
3	☐ <i>NCR Crítica</i> ☐ <i>NCR Mayor</i> ☐ <i>NCR Menor</i> ☐ <i>OM</i>	[Descripción del hallazgo]	[Qnn]	<i>[Doc / foto / log]</i>	NCR-[NNN]
...	...	[Continuar según necesidad]	...	...	...

Nota. La sigla OM corresponde a Oportunidad de Mejora, que registra observaciones sin condición de no conformidad pero útiles para el ciclo de mejora continua. Cada NCR generada por la auditoría se inscribe en el registro consolidado de no conformidades (Tabla 114).

Bloque 5. Conclusiones y firmas

La tabla 112 representa las conclusiones y firmas

Tabla 112.*Bloque 5. Conclusiones y firmas*

Campo	Contenido
Resumen ejecutivo	<i>[Síntesis de los hallazgos y del estado del proceso auditado · máximo 10 líneas]</i>
Conclusión general	<i>☐ Conforme ☐ Conforme con observaciones ☐ No conforme parcial ☐ No conforme</i>
Recomendaciones	<i>[Lista priorizada de recomendaciones, no obligatorias]</i>
Próxima auditoría	<i>[Mes propuesto para la próxima auditoría del proceso]</i>
Firma auditor líder	_____
Firma líder Calidad	_____
Firma auditado	_____ <i>(acepta hallazgos · sin aceptación se documenta desacuerdo)</i>

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.

La gestión de las no conformidades constituye el núcleo del sistema de calidad. El proyecto adopta una clasificación de tres niveles con sus respectivos SLA de cierre, articulada con el protocolo de escalamiento del subacápite 3.2.1.d. La tabla 113 sintetiza esta clasificación.

Tabla 113.*Clasificación, criterios y SLA de tratamiento de no conformidades.*

Severidad	Criterio de clasificación	SLA cierre	Escalamiento	Glosa pago
Crítica	Compromete la entrega del hito, vulnera norma de orden público (Ley 1581, Ley 70), pone en riesgo a personas o a la información, o reduce el índice Q por debajo del 90 %.	≤ 5 días	<i>N3 inmediato</i>	Sí, glosa total

Severidad	Criterio de clasificación	SLA cierre	Escalamiento	Glosa pago
Mayor	Afecta uno o más requerimientos Q sin comprometer la entrega del hito. El índice Q se ubica entre 90 % y 94,9 %.	≤ 10 días	<i>N2</i>	Sí, glosa parcial
Menor	Hallazgo aislado, fácilmente subsanable, sin afectación de la conformidad global. El índice Q permanece ≥ 95 %.	≤ 20 días	<i>N1</i>	No, ajuste

Nota. Construcción del autor con base en ISO 9001:2015 cláusula 10.2 y el protocolo de escalamiento del subacápite 3.2.1.d. La columna «Glosa pago» indica si la NCR detectada al cierre de un hito da lugar a glosa contractual de la interventoría sobre el pago correspondiente.

El registro consolidado constituye la trazabilidad central de todas las no conformidades detectadas en el proyecto, independientemente de su origen (inspección, auditoría interna, auditoría externa o reporte directo). La Tabla 114 presenta la estructura del registro.

Tabla 114.

Estructura del registro consolidado de no conformidades del proyecto.

Columna	Descripción	Fuente / dato
NCR N°	Identificador correlativo anual de la NCR.	<i>Asignado por el sistema.</i>
Fecha detección	Día en que se identifica la no conformidad.	<i>Inspección, auditoría, reporte directo.</i>
Origen	Mecanismo que generó la NCR (FI-Q01, FA-Q01, PQRSD, interventoría).	<i>Trazabilidad documental.</i>
Componente	Componente catastral o área transversal afectada.	<i>Físico, Jurídico, Económico, Social, Transversal.</i>
Severidad	Crítica, Mayor o Menor conforme a la Tabla 26.	<i>Definida por el líder de Calidad.</i>
Req. Q asociado	Identificador del requerimiento Q01-Q40 incumplido.	<i>Subsección 3.2.6.a.</i>

Columna	Descripción	Fuente / dato
Descripción	Hallazgo redactado en términos objetivos y verificables.	<i>Texto narrativo.</i>
Causa-raíz	Causa identificada por análisis Ishikawa o 5 porqués.	<i>Reporte de análisis causal.</i>
Acción correctiva	Acción para eliminar la causa-raíz.	<i>Plan de acción asociado.</i>
Responsable cierre	Persona designada como responsable del cierre.	<i>Líder del componente.</i>
Fecha objetivo	Fecha máxima de cierre según SLA.	<i>Calculada al registro.</i>
Fecha real cierre	Fecha efectiva de cierre.	<i>Verificada por Líder Calidad.</i>
Verificación eficacia	Evidencia de que la acción correctiva eliminó la causa-raíz.	<i>Inspección de verificación.</i>
Estado	Abierta, En proceso, Cerrada, Reabierto.	<i>Actualización en tiempo real.</i>

Nota. Construcción del autor. El registro se mantiene en un archivo unificado bajo control del Líder de Calidad y se reporta mensualmente al Director del Proyecto y a la Patrocinadora mediante la comunicación C10 del subacápite 3.2.3.

f. Listas de Verificación de los Entregables (Producto / Servicio)

Las listas de verificación, conforme al PMBOK 8ª edición, son «herramientas estructuradas que se utilizan para confirmar que se ha realizado un conjunto de pasos requeridos o que se han cumplido los requisitos de un entregable» (PMI, 2025, p. 159). A diferencia de las hojas de chequeo de la subsección 3.2.6.b (que registran *frecuencia* de hallazgos para análisis estadístico), las listas de verificación (Tabla 115) operan como *puerta de calidad* antes del traslado del entregable al siguiente proceso o a la interventoría.

Tabla 115.*Inventario de listas de verificación del proyecto.*

Código	Nombre	Entregable verificado	Aplicación
LV-FIS-01	Verificación del levantamiento físico predial	Ficha predial + geometría + atributos físicos en QField/QGIS.	<i>Por predio · Cierre UIT</i>
LV-JUR-01	Verificación de la ficha jurídica	Ficha jurídica + cadena de tradición + interesados.	<i>Por predio · Cierre UIT</i>
LV-ECO-01	Verificación del componente económico ZHF/ZHG	ZHF, ZHG y avalúo masivo del suelo.	<i>Por ZHG · Cierre UIT</i>
LV-SOC-01	Verificación de la socialización y PDI	Jornadas, mesa étnico-territorial y cartografía social.	<i>Por jornada · Cierre UIT</i>
LV-INT-01	Verificación de integración LADM_COL / XTF	Base catastral consolidada e intercambio XTF.	<i>Cierre de Hito</i>

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.**LV-FIS-01 · Verificación del levantamiento físico**

La lista LV-FIS-01 se aplica al cierre de cada UIT, sobre una muestra estadísticamente representativa de predios (mínimo 30 predios o el 5 % de la UIT, el mayor), seleccionada aleatoriamente. La aprobación de la lista es condición para declarar terminada la UIT desde el componente físico (Tabla 116).

Tabla 116.*Lista de verificación LV-FIS-01 - Componente Físico.*

#	Criterio de verificación	Req. Q	☐ C	☐ NC	☐ N/A
01	La ficha predial está completamente diligenciada en QField, sin campos obligatorios vacíos.	Q05, Q07	☐	☐	☐

#	Criterio de verificación	Req. Q	☐ C	☐ NC	☐ N/A
02	La geometría predial está cerrada, sin auto-intersecciones, anillos abiertos ni geometrías inválidas.	Q04	☐	☐	☐
03	Las coordenadas planas están en el sistema MAGNA-SIRGAS con la proyección oficial del IGAC.	Q03	☐	☐	☐
04	Las coordenadas urbanas están dentro de la tolerancia ≤ 10 cm y las rurales dentro de ≤ 30 cm.	Q01, Q02	☐	☐	☐
05	Existe registro de calibración GNSS diaria en bitácora firmada.	Q08	☐	☐	☐
06	Todas las construcciones presentes en el predio están identificadas, georreferenciadas y atributadas (huella, área, pisos, uso).	Q09	☐	☐	☐
07	Las mejoras y anexos están registrados con el atributo de propietario diferenciado cuando aplica.	Q10	☐	☐	☐
08	El identificador catastral único (NUPRE) de treinta dígitos es válido y único en la base de datos.	Q11	☐	☐	☐
09	Los metadatos de la capa están diligenciados conforme al perfil ICDE.	Q12	☐	☐	☐
10	La base de datos cumple las clases, atributos y relaciones obligatorias del modelo LADM_COL versión 1.0.	Q05	☐	☐	☐
11	Se realizó validación topológica automatizada (QGIS/pgTopology) sin errores críticos pendientes.	Q04	☐	☐	☐

#	Criterio de verificación	Req. Q	☐ C	☐ NC	☐ N/A
12	La ortofoto y la cartografía base utilizadas tienen vigencia aceptable y resolución adecuada.	Q09	☐	☐	☐
13	Existe acta de socialización con el propietario o autorización presente en campo.	Q16, Q29	☐	☐	☐
14	El predio está etiquetado y registrado en el mapa de avance de la UIT.	Q07	☐	☐	☐
15	Se ha realizado autocontrol diario por el equipo de campo y se han diligenciado las hojas de chequeo HC-FIS-01.	Q37	☐	☐	☐

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.

LV-JUR-01 · Verificación de la ficha jurídica

La lista LV-JUR-01 se aplica al cierre de cada UIT sobre la totalidad de las fichas jurídicas generadas. Su aprobación es condición para declarar terminada la UIT desde el componente jurídico y para el envío de la información al proceso de interrelación catastro-registro (Tabla 117).

Tabla 117.

Lista de verificación LV-JUR-01 - Componente Jurídico.

#	Criterio de verificación	Req. Q	☐ C	☐ NC	☐ N/A
01	Cada predio tiene asociado un folio de matrícula inmobiliaria de la ORIP competente o justificación documental.	Q13	☐	☐	☐
02	La cadena de tradición está documentada de manera continua hasta la fecha de corte.	Q13	☐	☐	☐

#	Criterio de verificación	Req. Q	☐ C	☐ NC	☐ N/A
03	Cada predio tiene asignado un tipo de tenencia conforme al modelo LADM_COL (propiedad, posesión, ocupación, tenencia precaria).	Q14	☐	☐	☐
04	Los interesados están identificados con documento de identidad y datos de contacto verificados.	Q15	☐	☐	☐
05	Existe consentimiento informado firmado para el tratamiento de datos personales (Ley 1581 de 2012).	Q16	☐	☐	☐
06	Las inconsistencias entre levantamiento físico e información registral están documentadas en formato de novedad.	Q17	☐	☐	☐
07	Los predios en áreas étnico-territoriales están identificados y aplican la salvaguarda de la Res. IGAC 338 de 2023.	Q18	☐	☐	☐
08	Las afectaciones públicas (servidumbres, rondas, retiros) están identificadas y georreferenciadas.	Q19	☐	☐	☐
09	Toda decisión jurídica está soportada en evidencia documental escaneada, foliada y anexada al expediente.	Q20	☐	☐	☐
10	El expediente del predio cumple los requisitos de archivo de la Ley 594 de 2000.	Q20	☐	☐	☐
11	Se realizó cruce con la base de datos de la Registraduría Nacional para validación de identidad.	Q15	☐	☐	☐
12	Las novedades del componente jurídico están registradas en el formato de novedades del proyecto.	Q17	☐	☐	☐

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.

LV-ECO-01 · Verificación del componente económico ZHF/ZHG

La lista LV-ECO-01 se aplica al cierre de cada Zona Homogénea Geoeconómica (ZHG) generada. Su aprobación es condición para el envío del paquete económico a la Mesa Técnica de Avalúos convocada por el IGAC para aprobación formal (Tabla 118).

Tabla 118.

Lista de verificación LV-ECO-01 - Componente Económico.

#	Criterio de verificación	Req. Q	☐ C	☐ NC	☐ N/A
01	El tamaño de la muestra de puntos de investigación de mercado fue calculado con 95 % de confianza y 5 % de error muestral.	Q21	☐	☐	☐
02	Existen al menos tres tipos de fuentes (ofertas, transacciones inscritas, peritos locales) para cada ZHG.	Q22	☐	☐	☐
03	Los datos de mercado utilizados tienen una antigüedad no superior a dieciocho meses.	Q28	☐	☐	☐
04	El proceso aplicó el criterio de Tukey o equivalente para identificar y tratar valores atípicos.	Q24	☐	☐	☐
05	El modelo de regresión por ZHG presenta un coeficiente de determinación $R^2 \geq 0,75$.	Q23	☐	☐	☐
06	Se realizaron pruebas de validación cruzada con puntos de prueba independientes (mínimo 10 % de la muestra).	Q25	☐	☐	☐
07	El error medio de los puntos de validación es ≤ 15 % del valor estimado.	Q25	☐	☐	☐
08	Existe memoria técnica con metodología, fuentes, supuestos, modelos y resultados, firmada por valuador idóneo (RAA).	Q26	☐	☐	☐
09	Las ZHF y ZHG están georreferenciadas e integradas a la base catastral en el sistema MAGNA-SIRGAS.	Q03	☐	☐	☐

#	Criterio de verificación	Req. Q	☐ C	☐ NC	☐ N/A
10	Los formatos FO-GCT del componente económico (alistamiento, ZHF, ZHG, investigación, precios) están diligenciados y firmados.	Q35	☐	☐	☐
11	Existe acta de aprobación de la Mesa Técnica de Avalúos firmada por todos sus miembros.	Q27	☐	☐	☐
12	Los avalúos de prueba (10 % del total) están dimensionados, ejecutados y documentados.	Q25	☐	☐	☐

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.

LV-SOC-01 · Verificación de la socialización y PDI

La lista LV-SOC-01 se aplica al cierre de cada UIT sobre las jornadas comunitarias realizadas y las mesas étnico-territoriales activadas. Su aprobación es condición para el ingreso del equipo técnico al levantamiento físico de la UIT (Tabla 119).

Tabla 119.

Lista de verificación LV-SOC-01 - Componente Social y PDI.

#	Criterio de verificación	Req. Q	☐ C	☐ NC	☐ N/A
01	Se realizaron tres rondas presenciales de socialización por UIT (apertura, mitad, cierre) con acta y registro fotográfico.	Q29	☐	☐	☐
02	Los materiales de socialización están adaptados a las características culturales, etarias y de alfabetización de la comunidad.	Q30	☐	☐	☐
03	Los materiales fueron validados con los líderes comunitarios antes de la jornada.	Q30	☐	☐	☐
04	Se activó la mesa étnico-territorial bimensual en áreas con presencia afrodescendiente antes del Hito 2.	Q31	☐	☐	☐

#	Criterio de verificación	Req. Q	☐ C	☐ NC	☐ N/A
05	Existen actas firmadas de la mesa étnico-territorial y registro de asistencia.	Q31	☐	☐	☐
06	Las PQRSD recibidas fueron atendidas dentro del término de quince días hábiles.	Q32	☐	☐	☐
07	Se generó cartografía social en metodología participativa (mapeo, talleres, entrevistas).	Q33	☐	☐	☐
08	Los conflictos sociales detectados se gestionaron bajo el protocolo de escalamiento N1-N5 con bitácora documentada.	Q34	☐	☐	☐
09	Las jornadas tienen listado de asistencia firmado con identificación verificada.	Q29	☐	☐	☐
10	Existe articulación documentada con el alcalde, los líderes comunitarios y la asociación étnica.	Q31	☐	☐	☐

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.

LV-INT-01 · Verificación de integración LADM_COL / XTF

La lista LV-INT-01 se aplica al cierre de cada hito y constituye la última verificación previa a la entrega contractual al IGAC. Su aprobación es condición necesaria para que la interventoría reciba el paquete del hito y emita la no objeción técnica (Tabla 120).

Tabla 120.

Lista de verificación LV-INT-01 — Integración LADM_COL / XTF.

#	Criterio de verificación	Req. Q	☐ C	☐ NC	☐ N/A
01	La base de datos cumple el esquema de clases, atributos y relaciones del modelo LADM_COL versión 1.0 al 100 %.	Q05	☐	☐	☐
02	El archivo XTF generado pasa la validación con el iliValidator del IGAC sin errores críticos.	Q06	☐	☐	☐

#	Criterio de verificación	Req. Q	☐ C	☐ NC	☐ N/A
03	El conteo de predios de la base coincide con el conteo del componente físico y del componente jurídico.	Q07	☐	☐	☐
04	El 100 % de los predios tiene NUPRE válido y único en la base.	Q11	☐	☐	☐
05	Todas las capas están en el sistema MAGNA-SIRGAS con la proyección oficial del IGAC.	Q03	☐	☐	☐
06	No existen errores topológicos críticos pendientes en la capa de predios.	Q04	☐	☐	☐
07	Los metadatos de todas las capas están diligenciados conforme al perfil ICDE.	Q12	☐	☐	☐
08	La base satisface las quince características de calidad ISO/IEC 25012 al menos en nivel adecuado.	Q40	☐	☐	☐
09	Los reportes del valor ganado (CPI y SPI) del hito están al día y validados (subacápite 3.2.5).	Q37	☐	☐	☐
10	El registro de no conformidades de la base de datos está completo y todas las NCR críticas están cerradas.	Q36	☐	☐	☐
11	El paquete documental del hito está completo, codificado, foliado y firmado.	Q35	☐	☐	☐
12	Existe acta interna de verificación firmada por el Director, el Líder de Calidad y los cuatro líderes de componente.	Q38	☐	☐	☐

Nota. Construcción del autor acorde a proyecto.

Procedimiento de aplicación de las listas

Toda lista de verificación sigue el mismo procedimiento de aplicación: el responsable de la primera línea (líder de componente o líder técnico catastral) la diligencia en presencia del entregable terminado; el líder de Calidad (E08) verifica una muestra aleatoria mínima del 10 % de los ítems; cuando todos los ítems están en estado Cumple, se firma la lista y se traslada al

siguiente proceso; si al menos un ítem queda en estado No cumple, el entregable no avanza y se inicia el procedimiento de no conformidad de la subsección 3.2.6.d (Tabla 121).

Tabla 121.

Estados posibles de un ítem de la lista de verificación y consecuencia operativa.

Estado	Significado	Consecuencia operativa
Cumple	El ítem satisface plenamente el criterio de aceptación.	<i>El entregable puede avanzar al siguiente proceso.</i>
No cumple	El ítem no satisface el criterio. Se documenta la causa.	<i>Se genera NCR. El entregable no avanza hasta el cierre de la NCR.</i>
No aplica	El criterio no es aplicable al entregable específico.	<i>Se documenta la justificación de la no aplicabilidad.</i>
En revisión	El ítem está en proceso de verificación o requiere consulta a otro proceso.	<i>El entregable queda en espera. SLA máximo de 48 horas.</i>

Nota. Construcción del autor. El estado «No aplica» es subjetivo y se controla con auditoría interna: cuando la frecuencia de uso supera el 10 % en una lista, el líder de Calidad investiga si el criterio se está abusando para evitar el control.

3.2.7. Plan de Gestión de Recursos

El Plan de Gestión de Recursos del proyecto traduce el dominio *Team* del PMBOK 8ª edición en un esquema operativo que dimensiona, organiza y desarrolla el equipo humano necesario para ejecutar los 118 paquetes de trabajo del cronograma (PMI, 2025). Se articula con la EDT del Anexo L. Extracto representativo de **la matriz de trazabilidad** (12 requisitos)

Anexo M. EDT Detallada del proyecto, el cronograma del Anexo Q. Cronograma detallado del **proyecto** y el presupuesto detallado del Anexo X. Presupuesto detallado del **proyecto**, del cual deriva la dimensión cuantitativa del equipo: 30 personas-rol distribuidas en cuatro categorías funcionales y un cuerpo variable de reconocedores prediales contratados a destajo según el volumen de levantamiento de cada ciclo de hito.

a. Identificación y Adquisición de Recursos

La identificación de los recursos del proyecto se deriva de las exigencias técnicas de los cinco componentes catastrales (físico, jurídico, económico, social y SIG) y de los lineamientos de la Resolución 1040 de 2023 del IGAC sobre la conformación mínima de equipos para operadores catastrales habilitados. La adquisición se realiza bajo dos mecanismos: contratación directa para los roles especializados con perfil definido (líderes y dirección) y selección por convocatoria abierta para el equipo operativo y de apoyo, gestionada por el área de talento humano del consorcio en las primeras dos semanas del proyecto (paquetes C-F0.01 a C-F0.03 del cronograma para el equipo núcleo, y C-F2.13 a C-F2.15 para el equipo operativo en fast tracking) (Tabla 122).

Tabla 122.

Mecanismos de adquisición de recursos del proyecto

Categoría	Cantidad	Mecanismo	Paquete cronograma	Plazo
Líderes y dirección	7 personas	Contratación directa	C-F0.01, C-F0.02	14-28 nov 2025
Apoyo administrativo	1 persona	Contratación directa	C-F0.03	18-28 nov 2025
Equipo operativo de campo	11 personas	Convocatoria abierta	C-F2.13 a C-F2.15	27 ene-3 feb 2026
Apoyo técnico (calidad, SIG, jurídico, social)	9 personas	Convocatoria abierta	C-F2.13 a C-F2.15	27 ene-3 feb 2026
Económico y social	3 personas	Contratación directa especializada	C-F2.13	27 ene-3 feb 2026

Reconocedores prediales	Cuerpo variable a destajo	Convocatoria abierta por ciclo	C-F2.13 + reposiciones	Por ciclo H2-H6
-------------------------	---------------------------	--------------------------------	------------------------	-----------------

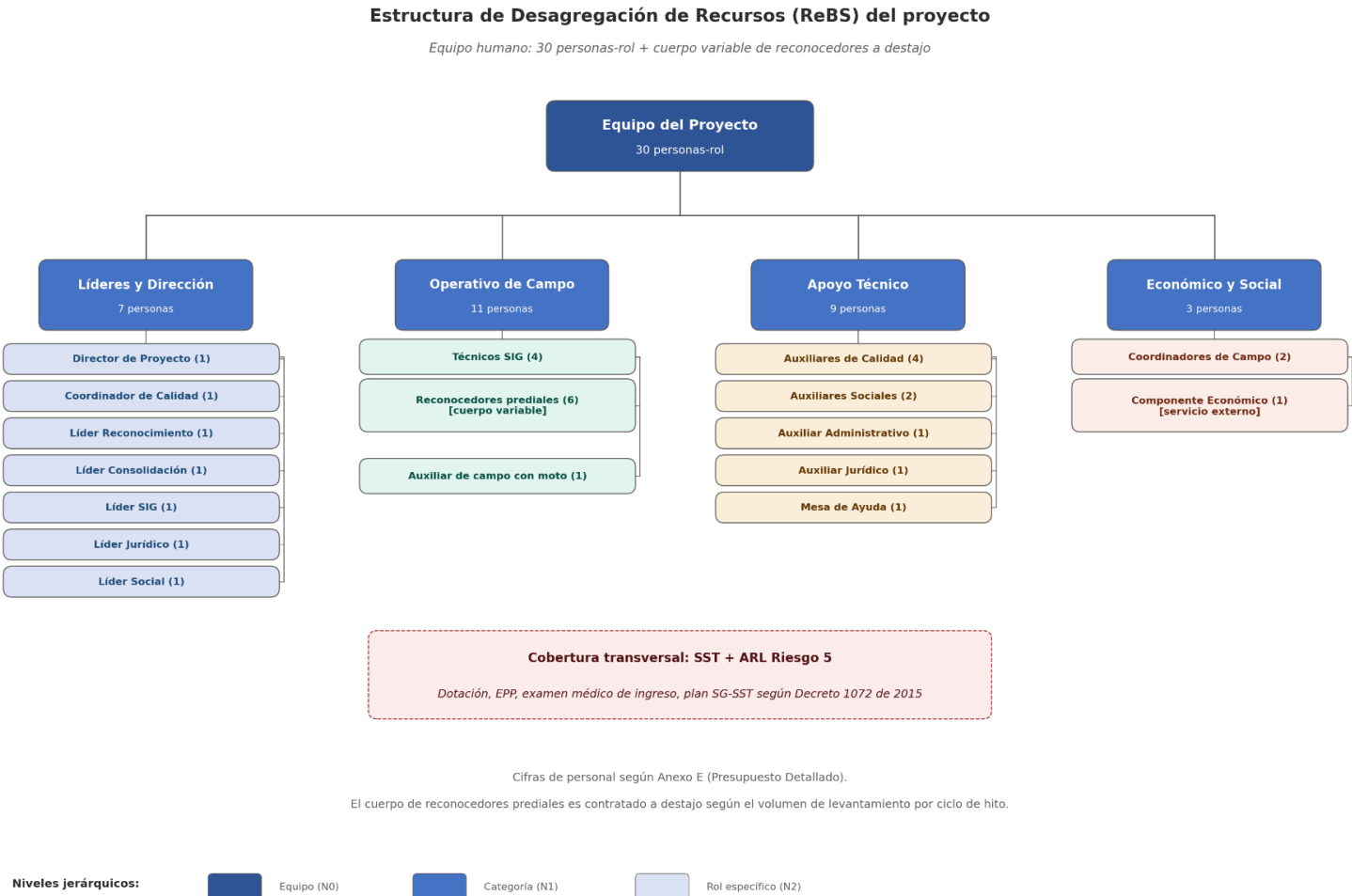
Nota. Construcción del autor con base en PMI (2025) y la Resolución 1040 de 2023 del IGAC.

b. Estructura Desagregación de Recursos

La Estructura de Desagregación de Recursos (ReBS, *Resource Breakdown Structure*) organiza el equipo del proyecto en cuatro niveles jerárquicos según el PMBOK 8ª edición: dirección, liderazgo técnico, operativo de campo y apoyo. La ilustración presenta la estructura jerárquica completa del equipo humano. (Ilustración 40).

Ilustración 40.

Estructura de Desagregación de Recursos del proyecto.



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

c. Definición de Roles, Responsabilidades y Competencias del Equipo

En la tabla 123 se presenta los roles, responsabilidades principales y perfil mínimo del equipo del proyecto

Tabla 123.

Roles, responsabilidades principales y perfil mínimo del equipo del proyecto

Rol	Responsabilidad principal	Perfil mínimo
Director de proyecto	Dirección integral, control de línea base, vocería ante IGAC	Ingeniero o profesional afín, posgrado en gerencia de proyectos, certificación PMP deseable, 8 años experiencia en catastro
Coordinador de calidad	Aseguramiento ISO 9001:2015, auditorías, no conformidades, indicador $Q \geq 95\%$	Profesional con formación en sistemas de calidad, 5 años en catastro multipropósito
Líder de reconocimiento	Coordinación del levantamiento físico-jurídico en campo	Ingeniero catastral o topográfico, 5 años en operaciones prediales
Líder de consolidación	Estructuración final de la base predial y generación de XTF	Ingeniero o profesional SIG, 5 años en LADM-COL
Líder SIG	Modelado LADM-COL, validación topológica, ortofotos	Ingeniero catastral o geógrafo, 5 años en QGIS y modelos LADM
Líder jurídico	Estudio de títulos, verificación de tenencia, gestión ORIP	Abogado especialista en derecho registral, 5 años en catastro
Líder social	Plan de Diálogo e Interlocución Social, mesa étnico-territorial	Profesional en ciencias sociales, 5 años en procesos comunitarios con enfoque diferencial
Técnicos SIG (4)	Estructuración de base predial, validación de geometría	Tecnólogo en SIG, 3 años de experiencia
Reconocedores prediales (cuerpo variable)	Levantamiento directo en campo con QField	Técnico catastral, 2 años en levantamientos prediales
Coordinadores de campo (2)	Coordinación operativa por UIT	Profesional con experiencia en operación territorial
Auxiliares de calidad (4), social (2), jurídico (1), administrativo (1), mesa de ayuda (1), campo (1)	Apoyo operativo, control documental, soporte	Técnico o tecnólogo según área
Componente económico	Avalúo masivo y zonas homogéneas	Profesional especializado en valuación catastral

Nota. Construcción del autor con base en la Resolución 1040 de 2023 del IGAC y los perfiles consolidados del Anexo X. Presupuesto detallado del proyecto.

d. Matriz de Asignación de Responsabilidades (RACI) a Nivel de Paquete de Trabajo

La matriz RACI del proyecto asigna a cada paquete de trabajo del cronograma un responsable de ejecución (R), un aprobador final (A), los roles a consultar (C) y los roles a informar (I), siguiendo el principio de la cadena de autoridad del PMBOK 8ª edición. La matriz completa, con las 20 cuentas de control del Anexo Q. Cronograma detallado del **proyecto** y los 12 roles principales del equipo, se presenta en el **Anexo Y**. Matriz de asignación de responsabilidades RACI. La Tabla 124 muestra un extracto representativo correspondiente a las cuentas de control de la Fase 3 (ciclos operativos H2 a H6) como referencia del formato y la lógica (Tabla 124).

Tabla 124.

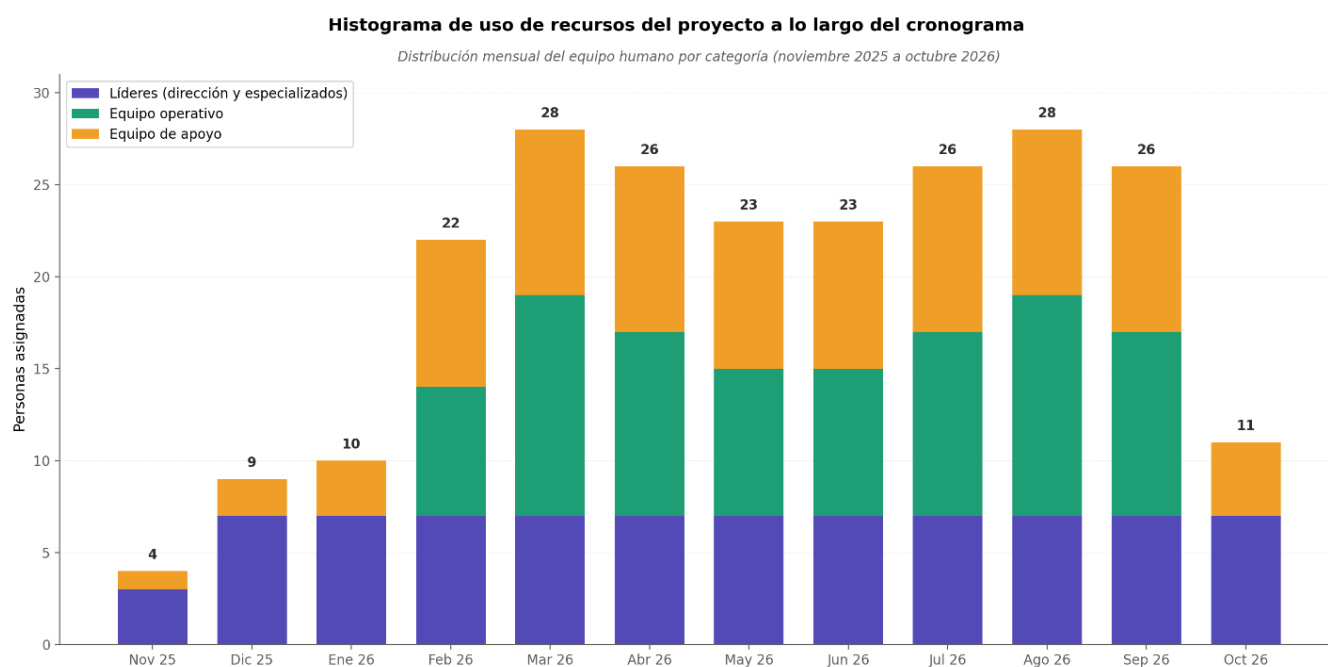
Extracto de la matriz RACI - Ciclos operativos H2 a H6

Cuenta de control	Director	Coord. Calidad	Líder Reconocimiento	Líder SIG	Líder Jurídico	Líder Social	Líder Económico
Interlocución social N1-N3	I	I	C	I	I	R/A	I
Levantamiento físico-jurídico en campo	A	C	R	C	R	I	I
Estructuración SIG y validación BD	A	C	I	R	I	I	I
Valuación económica transversal	A	C	I	C	I	I	R
Control de calidad y XTF	A	R	I	C	I	I	I

Nota. R = Responsable de ejecución; A = Aprobador final; C = Consultado; I = Informado. La matriz completa se presenta en el Anexo [XI].

e. Histograma y Horario de Recursos

El histograma de uso de recursos a lo largo del cronograma se presenta en la ilustración 41

Ilustración 41.*Histograma de uso de recursos del proyecto*

Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

El equipo opera bajo dos modalidades horarias diferenciadas: el equipo de campo (reconocedores, técnicos SIG operativos, coordinadores de campo y auxiliares) trabaja en jornada extendida durante los ciclos operativos H2 a H6 (lunes a sábado, 6 a.m. a 5 p.m., con ajustes por condiciones del terreno); el equipo de oficina (dirección, líderes técnicos, calidad, jurídico, administrativo) opera en jornada estándar (lunes a viernes, 8 a.m. a 5 p.m.). Los líderes técnicos alternan ambas modalidades según el ciclo operativo, con presencia en territorio durante los hitos de levantamiento y trabajo de oficina en los hitos de planeación y cierre.

f. Plan de Capacitación y Desarrollo del Equipo

El plan de capacitación se ejecuta en dos momentos del cronograma: la capacitación inicial obligatoria al cierre de la Fase 2 (paquete C-F2.16, del 4 al 10 de febrero de 2026) y los refuerzos por ciclo operativo según necesidad detectada en las auditorías de calidad (Tabla 125).

Tabla 125.

Plan de capacitación del equipo del proyecto

Capacitación	Participantes	Duración	Momento	Responsable
Lineamientos catastrales IGAC (Res. 1040, Res. 746)	Todo el equipo operativo	16 horas	C-F2.16	Coord. Calidad
Herramienta QField y dispositivos GNSS	Reconocedores y técnicos SIG	12 horas	C-F2.16	Líder SIG
Modelo LADM-COL y formato XTF	Técnicos SIG y líderes técnicos	8 horas	C-F2.16	Líder Consolidación
Enfoque diferencial y salvaguardas étnicas	Equipo social y reconocedores	6 horas	C-F2.16	Líder Social
Refuerzos de cierre de ciclo según hallazgos	Roles con no conformidades	4 horas/ciclo	Posterior a H2-H5	Coord. Calidad

Nota. Construcción del autor con base en Resolución 1040 de 2023 del IGAC y plan operativo del proyecto.

g. Identificación de Procesos de Seguridad y Salud en el Trabajo

El proyecto se sujeta al Decreto 1072 de 2015, que regula el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) en Colombia, y contrata ARL Riesgo 5 (el más alto, correspondiente a actividades de campo en zonas rurales) por valor de \$16.704.000 (ítem 16 del [Anexo E](#)). El plan SST contempla cuatro elementos centrales: (i) examen médico de ingreso para todo el personal operativo de campo; (ii) dotación de elementos de protección personal por valor de \$40.000.000 (ítem 27 del [Anexo E](#)), incluyendo chalecos reflectivos, calzado de seguridad, repelente y protección solar; (iii) reunión mensual de seguridad y salud bajo la responsabilidad del rol de Talento Humano y SST (comunicación C08 del Plan de Comunicaciones); y (iv) reporte inmediato de incidentes y accidentes a la ARL con escalamiento N3 según el protocolo del subacápite 3.2.3.b. La matriz de riesgos ocupacionales del proyecto se integra con la matriz de riesgos del subacápite 3.2.9.

h. Esquema de Contratación y Liberación del Personal

Tabla 126.

Esquema temporal de contratación y liberación del personal

Categoría	Ingreso	Liberación	Duración (meses)
Director de proyecto	14 nov 2025	7 oct 2026	13
Líderes técnicos (6) y Coord. Calidad	18-28 nov 2025	30 sep 2026	11,5
Auxiliares administrativos	18 nov 2025	30 sep 2026	10
Equipo operativo de campo y apoyo	27 ene-3 feb 2026	8-30 sep 2026	8-10
Reconocedores (cuerpo variable)	Por ciclo H2-H6	Cierre de cada ciclo	Variable
Componente económico (externo)	Por demanda	Por demanda	Servicio

Nota. Construcción del autor con base en el cronograma del Anexo Q. Cronograma detallado del proyecto. La liberación se realiza mediante terminación contractual estándar con liquidación de prestaciones sociales según legislación laboral colombiana.

i. Definición de Indicadores de Medición de Desempeño del Equipo y Esquema de Incentivos y Recompensas

El desempeño del equipo se mide mediante cuatro indicadores integrados con el sistema EVM del subacápite 3.2.5: productividad operativa por componente (predios/día por reconocedor, fichas/día por técnico SIG), tasa de no conformidades por rol (medida en las auditorías de calidad), cumplimiento de plazos por paquete (SPI individual del rol), e indicador de clima organizacional (encuesta semestral). El esquema de incentivos contempla un bono de cumplimiento del 5 % del valor mensual para los líderes técnicos cuando el CPI y SPI del componente respectivo se mantienen en o por encima de 0,98 al cierre de cada ciclo de hito, y reconocimientos no monetarios para el equipo operativo (día de descanso compensatorio, mención formal en informes mensuales) por desempeño sobresaliente.

j. Identificación de Habilidades Blandas (Liderazgo, Empoderamiento, Creatividad, Innovación, Trabajo Colaborativo, Manejo de Conflictos y Comunicación Asertiva) Para el Desarrollo del Proyecto

Tabla 127.

Identificación de habilidades blandas

Habilidad	Aplicación en el proyecto
Liderazgo	Director y líderes técnicos articulan equipos multidisciplinares y comunidades con enfoque diferencial

Empoderamiento	Coordinadores de campo asumen autoridad operativa por UIT con autonomía de decisión en N1
Creatividad	Resolución de inconsistencias gráfico-alfanuméricas y casos atípicos de tenencia rural
Innovación	Adopción del modelo LADM-COL y uso intensivo de QField y QGIS en levantamientos colaborativos
Trabajo colaborativo	Integración de cinco componentes (físico, jurídico, económico, social, SIG) en cada ciclo de hito
Manejo de conflictos	Líder social y director gestionan mesa étnico-territorial con AFROSDEBUENAVISTA y resolución de conflictos prediales
Comunicación asertiva	Reportes ejecutivos al IGAC, interlocución comunitaria N1-N4 y vocería de crisis (C20)

Nota. Construcción del autor con base en PMI (2025).

3.2.8. Plan de Gestión del Riesgo

El Plan de Gestión del Riesgo del proyecto traduce el dominio *Uncertainty* del PMBOK 8ª edición en un esquema operativo que identifica, analiza, prioriza y responde ante los eventos inciertos que podrían afectar los objetivos del proyecto (PMI, 2025). Se articula con la matriz de supuestos y restricciones del subacápite 2.2.7, con la línea base de costos del subacápite 3.2.5 y con el protocolo de escalamiento N1-N5 del subacápite 3.2.3.b, de modo que cada riesgo materializado activa una respuesta predefinida y un nivel de autoridad asociado. El plan opera bajo el principio de que la reserva de contingencia del proyecto (\$1.253 M, equivalente al 10 % del valor contractual) corresponde al Valor Monetario Esperado (VME) de los riesgos identificados, no a un porcentaje arbitrario del presupuesto, conforme a la doctrina canónica del PMBOK 8ª edición.

a. Identificación de Riesgos y Determinación de Umbral

La identificación de riesgos se realizó mediante tres técnicas complementarias recomendadas por el PMBOK 8ª edición (PMI, 2025): revisión documental de los planes subsidiarios previos (3.2.1 a 3.2.7) y de los lineamientos IGAC; juicio de expertos en proyectos catastrales multipropósito; y análisis estructurado por categorías de la RiBS. El resultado es un catálogo de veinte riesgos (RG01 a RG20) que

cubren los cinco grandes dominios de incertidumbre del proyecto. El catálogo completo, con su análisis cualitativo y cuantitativo, se presenta en el **Anexo Z. Catálogo de riesgos**

Los umbrales de aceptación del proyecto se establecen articulados con los indicadores ya consolidados en planes subsidiarios previos. La Tabla 128 sintetiza los umbrales que activan respuesta o escalamiento.

Tabla 128.

Umbrales de aceptación y disparadores de respuesta del proyecto

Indicador	Umbral verde	Umbral amarillo	Umbral rojo	Acción al cruzar umbral rojo
CPI (Cost Performance Index)	$\geq 0,98$	0,95-0,97	$< 0,95$	Escalamiento N3; revisión presupuestal con interventoría
SPI (Schedule Performance Index)	$\geq 0,98$	0,95-0,97	$< 0,95$	Escalamiento N3; revisión del cronograma y fast tracking adicional
Índice Q de calidad	$\geq 95 \%$	90-94 %	$< 90 \%$	Escalamiento N3; auditoría extraordinaria y acciones correctivas
Consumo de reserva de contingencia	$\leq 30 \%$	30-70 %	$> 70 \%$	Escalamiento N4; revisión de matriz de riesgos y reservas
Tasa de no conformidades por ciclo	$\leq 5 \%$	5-10 %	$> 10 \%$	Escalamiento N3; comité de calidad extraordinario
Incidentes SST	0	1-2 menores	≥ 3 menores o ≥ 1 grave	Escalamiento N4; activación de protocolo ARL

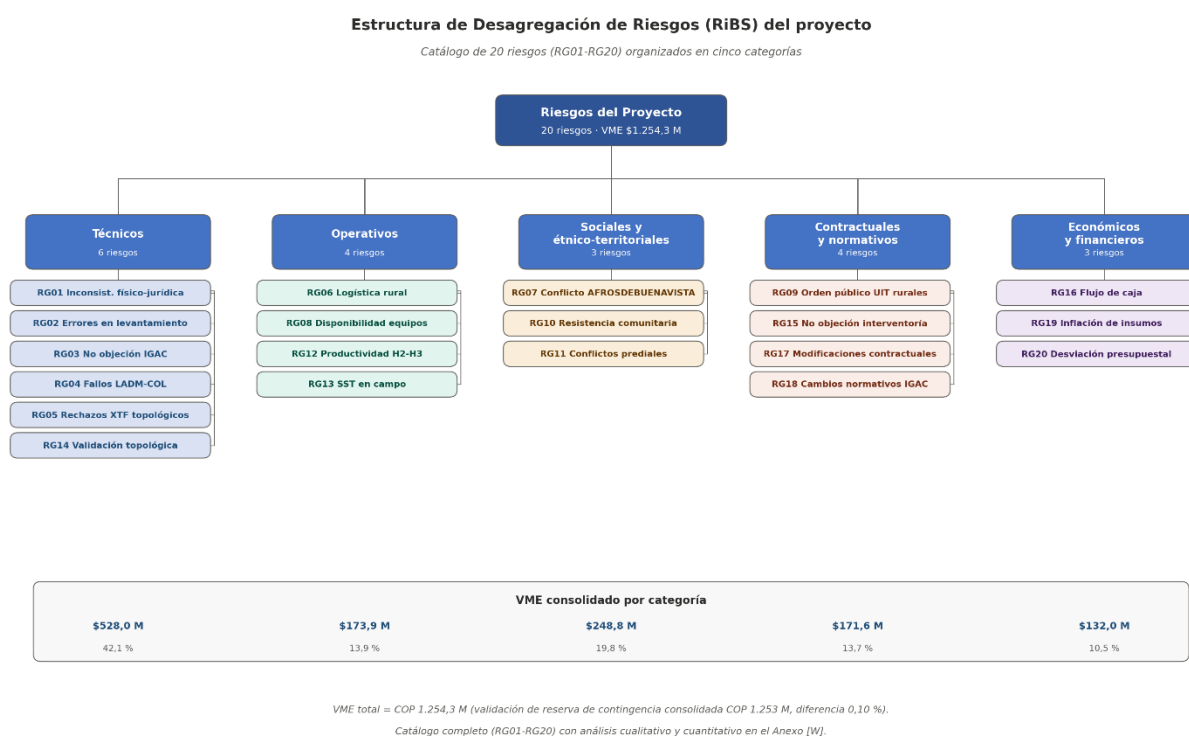
Nota. Construcción del autor con base en PMI (2025), articulación con indicadores EVM del subacápite 3.2.5 y protocolo de escalamiento del subacápite 3.2.3.b.

b. Risk Breakdown Structure (RiBS)

La RiBS organiza los veinte riesgos del proyecto en cinco categorías nivel 1, alineadas con la naturaleza del proyecto catastral multipropósito y con la práctica del PMBOK 8ª edición para proyectos territoriales en Colombia. La ilustración presenta la estructura jerárquica completa.

Ilustración 42.

Estructura de Desagregación de Riesgos (RiBS) del proyecto.



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

Las cinco categorías y sus números de riesgos asociados son: Técnicos (6 riesgos relacionados con levantamiento físico-jurídico, calidad de datos, modelo LADM-COL y validación SIG); Operativos (4 riesgos sobre logística, equipo de campo, seguridad y disponibilidad de recursos); Sociales y étnico-territoriales (3 riesgos sobre interlocución comunitaria, salvaguardas étnicas y conflictos prediales); Contractuales y normativos (4 riesgos sobre cambios IGAC, no objeciones, modificaciones

contractuales y orden público); y Económicos y financieros (3 riesgos sobre inflación, flujo de caja y desviaciones presupuestales).

c. Análisis de Riesgos del Proyecto

El análisis cualitativo asigna a cada riesgo una probabilidad de ocurrencia (Muy baja 10 % / Baja 30 % / Media 50 % / Alta 70 % / Muy alta 90 %) y un nivel de impacto en cinco escalas (Muy bajo / Bajo / Medio / Alto / Muy alto), siguiendo la escala estándar del PMBOK 8ª edición. La combinación produce una calificación de exposición (Probabilidad × Impacto en escala 1-5) que determina la prioridad de tratamiento.

El análisis cuantitativo traduce el impacto cualitativo a Valor Monetario Esperado (VME) mediante la fórmula $VME = Probabilidad \times Impacto \text{ monetario}$, donde el impacto monetario se estima en función del costo de remediación, retraso o sobre costo que el riesgo materializado generaría sobre la línea base. La Tabla 129 sintetiza el resultado consolidado del análisis cuantitativo por categoría RiBS.

Tabla 129.

Análisis cuantitativo de riesgos por categoría RiBS — Valor Monetario Esperado consolidado

Categoría	Nº riesgos	VME consolidado	% VME total
Técnicos	6	\$528.000.000	42,1 %
Sociales y étnico-territoriales	3	\$248.800.000	19,8 %
Operativos	4	\$173.900.000	13,9 %
Contractuales y normativos	4	\$171.600.000	13,7 %
Económicos y financieros	3	\$132.000.000	10,5 %
TOTAL	20	\$1.254.300.000	100,0 %

Nota. Construcción del autor con base en PMI (2025) y catálogo completo del Anexo [W]. $VME \text{ consolidado} = \Sigma (Probabilidad \times Impacto \text{ monetario}) \text{ por categoría.}$

Validación contra reserva de contingencia: El VME consolidado calculado (\$1.254,3 M) coincide con la reserva de contingencia consolidada del [Anexo E](#) (\$1.253,0 M) con una diferencia de **0,10 %** (\$1,3 M), dentro del margen de redondeo aceptable. Esto valida que la reserva de contingencia del proyecto está dimensionada conforme a la doctrina PMBOK 8ª edición (PMI, 2025), derivada del

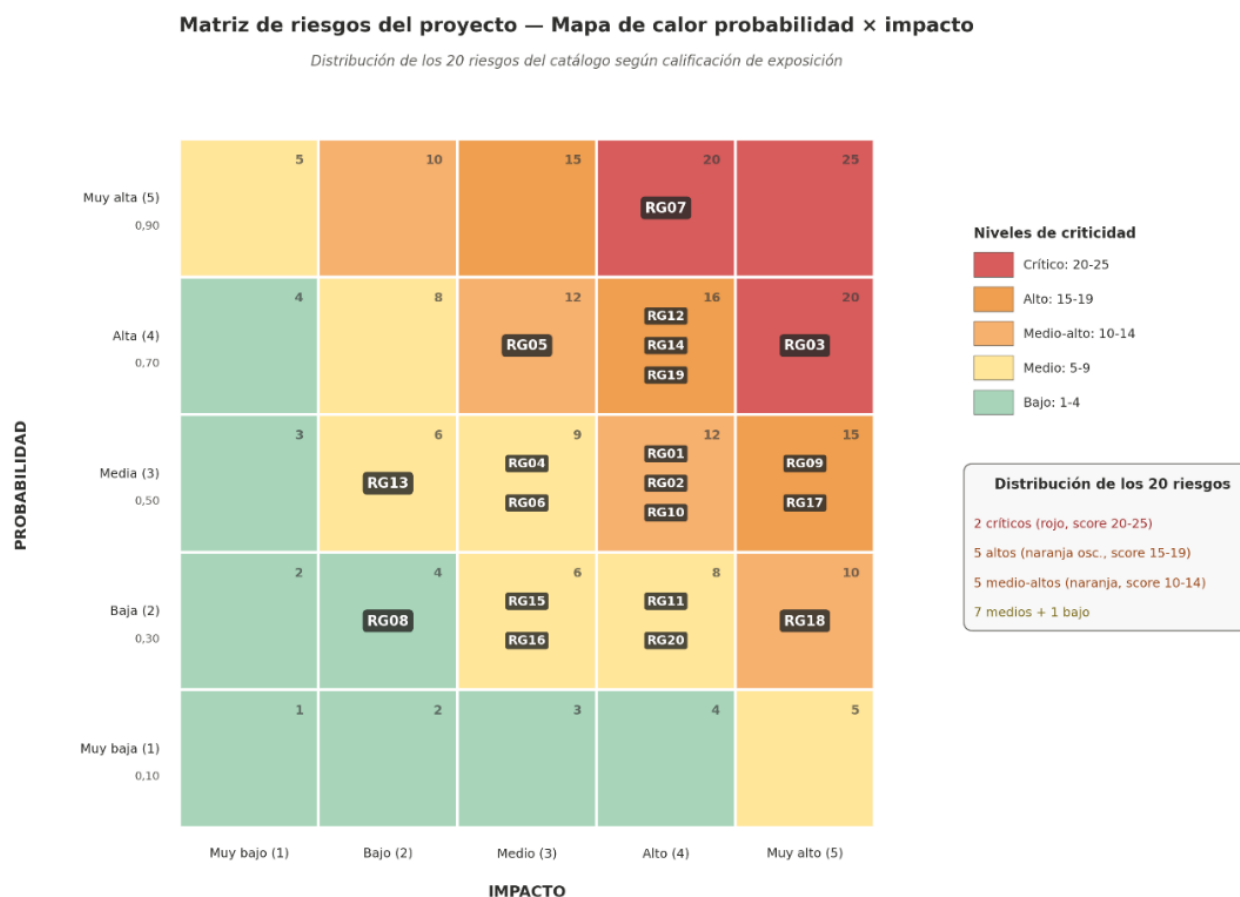
análisis cuantitativo de los veinte riesgos del catálogo y no asignada por porcentaje arbitrario del valor contractual.

d. Matriz de Riesgos

La matriz de riesgos del proyecto sintetiza los veinte riesgos identificados en un mapa de calor probabilidad $\times$ impacto, que permite priorizar visualmente las respuestas. La ilustración presenta la matriz consolidada con la distribución de los riesgos en cinco niveles de criticidad: muy baja (verde), baja (verde claro), media (amarillo), alta (naranja) y muy alta (rojo).

Ilustración 43.

Matriz de riesgos del proyecto — Mapa de calor probabilidad $\times$ impacto.



Nota: Imagen generada por Claude IA (Anthropic, 2026)

Del análisis se identifican siete riesgos críticos (calificación 15-25, zona roja y naranja) que concentran el 68 % del VME consolidado y exigen respuesta inmediata: RG03 (no objeción IGAC por inconsistencias técnicas), RG07 (conflictos con AFROSDEBUENAVISTA en levantamiento), RG09 (orden público en UIT rurales), RG12 (productividad insuficiente de reconocedores en H2-H3), RG14 (rechazo de XTF por validación topológica), RG17 (modificaciones contractuales por cambios IGAC) y RG19 (inflación de insumos superior al IPC proyectado). El detalle de estos siete riesgos y de los trece restantes se presenta en el **Anexo Z. Catálogo de riesgos**.

e. Plan de Respuesta a Riesgo, Rastreado y Monitoreando los Riesgos Residuales

Para cada riesgo identificado, el proyecto define una estrategia de respuesta según las cuatro categorías del PMBOK 8ª edición para amenazas: evitar (eliminar la causa raíz), transferir (mover el riesgo a un tercero contractual o aseguradora), mitigar (reducir probabilidad o impacto) o aceptar (asumir con reserva de contingencia). La Tabla 130 sintetiza la distribución de estrategias del catálogo completo.

Tabla 130.

Distribución de estrategias de respuesta del catálogo de riesgos

Estrategia	Nº riesgos	%	Ejemplos representativos
Evitar	1	5 %	Rechazos topológicos XTF (RG05): pipeline de validación automática previo a generación
Transferir	4	20 %	Pólizas de cumplimiento, calidad, RC y laboral (cláusula 7); ARL Riesgo 5; subcontratación especializada
Mitigar	12	60 %	Capacitación adicional; buffer de comunidad; auditorías intermedias; planes de contingencia operativa
Aceptar	3	15 %	Riesgos de baja probabilidad e impacto; absorción con reserva de contingencia

Nota. Construcción del autor con base en PMI (2025) y catálogo completo del *Anexo Z. Catálogo de riesgos*. Las pólizas y la cobertura ARL están dimensionadas en el [Anexo E](#) (ítems 16, 34, 35 del presupuesto detallado).

El monitoreo de los riesgos se ejecuta mediante tres mecanismos formales articulados con el Plan de Comunicaciones del subacápite 3.2.3. Primero, el reporte semanal de riesgos integrado al comité directivo (comunicación C02) que actualiza el estado de los siete riesgos críticos. Segundo, el comité

quincenal de riesgos y calidad (comunicación C07) que revisa los veinte riesgos del catálogo y evalúa la activación de los disparadores de la Tabla 128. Tercero, el informe mensual de avance (comunicación C10) al IGAC e interventoría, que reporta el consumo acumulado de la reserva de contingencia y la materialización de riesgos.

Los riesgos residuales son aquellos que persisten después de aplicada la estrategia de respuesta. Para los riesgos críticos (RG03, RG07, RG09, RG12, RG14, RG17, RG19), el proyecto incorpora seguimiento individual con frecuencia semanal hasta su cierre o materialización. Los riesgos residuales con calificación ≤ 9 se monitorean en el comité quincenal y se documentan en el registro de riesgos del Anexo [W]. La reserva de gestión del proyecto (\$501 M, 4 % del valor contractual) cubre los unknown unknowns: eventos no identificados en el catálogo inicial que se incorporen durante la ejecución, con autorización superior del patrocinador y la supervisora del IGAC.

3.2.9. Plan de Gestión de Adquisiciones

El Plan de Gestión de Adquisiciones del proyecto traduce el dominio Project Work del PMBOK 8ª edición en un esquema operativo que organiza la contratación de bienes y servicios externos requeridos para la ejecución del proyecto (PMI, 2025). Se articula con la línea base de costos del subacápite 3.2.5 Anexo X. Presupuesto detallado del **proyecto**, con el cronograma operativo del subacápite 3.2.4 Anexo Q. Cronograma detallado del **proyecto**, con las estrategias de transferencia de riesgo del subacápite 3.2.8 Anexo Z. Catálogo de riesgos y con los estándares de sostenibilidad del subacápite 2.4. Las adquisiciones externas identificadas suman aproximadamente \$1.520 millones, equivalentes al 48,3 % de los costos directos del proyecto, organizadas en seis categorías de adquisición que cubren tecnología, servicios especializados, seguros, logística, insumos menores y subcontratación de reconocedores prediales.

a. Definición y Criterios de Valoración de Proveedores

La definición de proveedores se realiza mediante una caracterización por categoría de adquisición, perfil mínimo requerido, monto estimado y nivel de criticidad para el proyecto. La selección se rige por ocho criterios ponderados que combinan factores económicos, técnicos, sociales y ambientales, alineados con la norma ISO 9001:2015 para gestión de calidad y con el GPM P5 Standard v4.0 aplicado en el subacápite 2.4 (Tabla 131).

Tabla 131.

Criterios ponderados de valoración de proveedores

Criterio	Ponderación	Descripción
Precio	25 %	Valor de la propuesta económica frente al presupuesto estimado
Calidad técnica de la propuesta	20 %	Capacidad técnica para cumplir las especificaciones requeridas
Experiencia en proyectos similares	15 %	Trayectoria documentada en catastro multipropósito o proyectos análogos
Tiempo de entrega	10 %	Cumplimiento del cronograma del Anexo Q
Cumplimiento ambiental y social	10 %	Certificaciones, política ambiental y prácticas sostenibles según GPM P5
Garantías y soporte post-venta	10 %	Pólizas, soporte técnico y servicio post-entrega
Capacidad financiera	5 %	Solidez patrimonial y capacidad de operación según RUP
Referencias comerciales	5 %	Verificación con clientes anteriores
Total	100 %	—

Nota. Construcción del autor con base en PMI (2025), ISO 9001:2015 y GPM Global (2023). Para adquisiciones inferiores a \$50 millones se aplica versión simplificada con los primeros cinco criterios.

La aplicación del proceso de evaluación se realiza mediante matriz de calificación ponderada con escala de 1 a 5 por criterio, donde el proveedor con mayor puntaje total se selecciona. Cuando aplica, se solicita oferta económica a un mínimo de tres proveedores para garantizar competencia y transparencia.

b. Selección y Tipificación de Contratos

El proyecto utiliza los tres tipos canónicos de contrato del PMBOK 8ª edición (PMI, 2025) según la naturaleza del bien o servicio adquirido y el nivel de incertidumbre del alcance. La Tabla 132 sintetiza la tipificación contractual aplicada por categoría de adquisición.

Tabla 132.

Tipificación contractual por categoría de adquisición

Categoría	Tipo de contrato	Justificación	Riesgo predominante
Tecnología SIG y equipos	Precio fijo (FP)	Especificaciones técnicas claras y mercado competitivo	Proveedor
Servicios especializados (componente económico)	Precio fijo con incentivos (FPIF)	Alcance definido con metas de calidad	Proveedor
Seguros y garantías	Precio fijo (FP)	Productos estandarizados con tarifas reguladas	Proveedor
Logística y operación territorial	Tiempo y materiales (T&M)	Volumen variable según ciclos operativos	Comprador
Insumos y servicios menores	Precio fijo (FP) y órdenes de compra	Volumen y especificaciones simples	Proveedor
Subcontratación reconocedores	Contrato por servicios a destajo	Cuerpo variable según volumen de levantamiento	Mixto

Nota. Construcción del autor con base en PMI (2025) y régimen contractual colombiano.

Los contratos de precio fijo concentran aproximadamente el 70 % del valor total de las adquisiciones, transfiriendo el riesgo de sobrecostos al proveedor. Los contratos de tiempo y materiales se reservan para la operación territorial cuya demanda es variable. La subcontratación de reconocedores opera bajo un modelo a destajo regulado por el Código Civil colombiano (contrato de prestación de servicios) con cláusulas de productividad y calidad.

c. Criterios de Contratación, Ejecución y Control de Compras y Contratos

El proceso de adquisición sigue cinco fases secuenciales articuladas con el cronograma operativo: planificación de la compra, solicitud de cotización o invitación a presentar oferta, evaluación

de ofertas, adjudicación y firma del contrato, y control de ejecución hasta el cierre. Cada adquisición superior a \$50 millones requiere solicitud formal con mínimo tres cotizaciones; las adquisiciones inferiores pueden contratarse mediante orden de compra directa con un único proveedor evaluado.

Durante la ejecución, el control se realiza mediante tres mecanismos formales. Primero, verificación de hitos contractuales por parte del Auxiliar Administrativo con visto bueno del líder técnico de la categoría correspondiente, registrada en el sistema documental del proyecto. Segundo, inspección de calidad por parte del Coordinador de Calidad para insumos y servicios técnicos críticos, con registro de no conformidades en el caso de incumplimientos. Tercero, aprobación de pago por parte del Director de Proyecto contra entregables aceptados, conforme a la cadena de autoridad definida en la matriz RACI del **Anexo Y. Matriz de asignación de responsabilidades RACI**.

El cierre administrativo de cada contrato se realiza mediante acta de finalización firmada por el proveedor y el responsable de la categoría, archivo de la documentación contractual y liberación de garantías cuando aplique. Los contratos con incumplimientos materializados activan el protocolo de escalamiento N3 a N4 del subacápite 3.2.3.b, según la severidad del incumplimiento.

d. Cronograma de Compras con la Asignación de Responsable

El cronograma de compras se articula con los hitos del cronograma operativo del [Anexo Q](#), con compras tempranas (previas al inicio de Fase 3) para los rubros críticos y compras programadas por ciclo para los insumos consumibles. La Tabla 133 sintetiza el cronograma macro de compras.

Tabla 133.

Cronograma macro de compras del proyecto

Categoría	Mes de compra	Plazo de adquisición	Responsable
Tecnología SIG y equipos (compra inicial)	Nov-Dic 2025 (Fase 0)	4-6 semanas	Líder SIG + Auxiliar Administrativo
Servicios especializados (componente económico)	Feb 2026 (Post-H1)	2-3 semanas	Director + Líder Económico
Seguros y garantías (pólizas y ARL)	Nov 2025 (Fase 0)	2-3 semanas	Auxiliar Administrativo + Director

Logística y operación (oficinas, transporte)	Nov-Dic 2025 (Fase 0); reposiciones por ciclo	2-4 semanas	Auxiliar Administrativo
Insumos y servicios menores	Continuo (mensual o por ciclo)	1-2 semanas	Auxiliar Administrativo
Subcontratación reconocedores	Por ciclo H2-H6 (C-F2.13 + reposiciones)	1-2 semanas por convocatoria	Líder Reconocimiento + Coord. Campo

Nota. Construcción del autor con base en cronograma operativo del [Anexo Q](#) y matriz RACI del Anexo Y. Matriz de asignación de responsabilidades RACI. El plan detallado de adquisiciones con todos los rubros del Anexo X. Presupuesto detallado del proyecto del Anexo AA. Plan detallado de adquisiciones del proyecto

e. Sostenibilidad en el Proceso de Adquisiciones

El proceso de adquisiciones del proyecto incorpora criterios de sostenibilidad alineados con el GPM P5 Standard v4.0 aplicado en el subacápite 2.4 y con la política nacional de compras públicas sostenibles (CONPES 3874 de 2016). La sostenibilidad opera en tres dimensiones articuladas, sintetizadas en la Tabla 132.

Tabla 134.

Dimensiones de sostenibilidad aplicadas a las adquisiciones

Dimensión	Criterio operativo	Aplicación en el proyecto
Ambiental	Preferencia por bienes y servicios de menor huella ambiental	Equipos electrónicos con certificación Energy Star; papel certificado FSC; transporte con vehículos de emisiones controladas; insumos químicos con menor impacto
Social	Preferencia por proveedores locales y respeto a salvaguardas laborales	Hasta 20 % adicional en ponderación a proveedores de Buenavista y Sucre cuando aplique; verificación del cumplimiento de obligaciones laborales (salud, pensión, ARL); cláusulas de respeto a derechos humanos
Económica	Transparencia, equidad contractual y cumplimiento tributario	Verificación del Registro Único Tributario (RUT) y Registro Único de Proponentes (RUP); cláusulas anticorrupción; condiciones de pago justas (máximo 60 días); facturación electrónica obligatoria

Nota. Construcción del autor con base en GPM Global (2023), CONPES 3874 de 2016 y régimen contractual colombiano.

La verificación del cumplimiento de los criterios de sostenibilidad se realiza en dos momentos del proceso. En la evaluación de propuestas, donde el criterio "cumplimiento ambiental y social" de la Tabla 131 aporta el 10 % de la ponderación; y en la ejecución contractual, mediante auditorías de cumplimiento de las cláusulas socioambientales por parte del Coordinador de Calidad. Los proveedores

que reincidan en incumplimientos sociales o ambientales son excluidos del registro de proveedores del proyecto y de futuros procesos de adquisición.

4. Lecciones Aprendidas

La formulación del proyecto evidenció que la aplicación acrítica de categorías propias del análisis de inversión convencional demanda, oferta, mercado, competencia a un proyecto de servicio público regulado de cobertura universal genera distorsiones metodológicas que comprometen la validez técnica del estudio; el universo predial de Buenavista no constituye un mercado en sentido económico, la "demanda" del servicio catastral no responde a una función precio-cantidad sino a un mandato normativo, y su reinterpretación como obligación de cobertura universal fue condición de pertinencia del estudio de mercado. Esta lección tiene implicaciones directas para la formación en gerencia de proyectos públicos: el dominio de los instrumentos metodológicos exige también la capacidad de identificar sus límites y adaptarlos a las condiciones institucionales y normativas de cada contexto.

La discrepancia del 30 % entre los 3.949 predios registrados y los 5.135 predios proyectados para la intervención reveló que en municipios con rezago catastral prolongado el universo predial es en sí mismo una variable de incertidumbre estructural y no un dato de partida estable, con consecuencias directas sobre la estimación de recursos, la programación operativa y el flujo de caja del proyecto; los sistemas de información catastral desactualizados no son únicamente un problema técnico sino un generador sistemático de incertidumbre en la planificación de los propios proyectos que buscan corregirlos (Steudler, 2004), lo que obliga a diseñar proyectos con reservas y márgenes de flexibilidad operativa explícitamente calibrados sobre este tipo de variabilidad y no sobre supuestos de volumen fijo.

La presencia de la Asociación AFROSDEBUENAVISTA demostró que el enfoque diferencial con comunidades afrodescendientes no puede gestionarse como un módulo adicional del Plan de Diálogo e Interlocución Social ni reducirse al cumplimiento de la Resolución IGAC 338 de 2023, sino que debe permear el diseño de la estrategia de gestión del cambio, el protocolo de escalamiento de conflictos, las técnicas de cartografía social y los mensajes comunicacionales desde la fase de preparación del proyecto, puesto que la legitimidad social de la intervención catastral en territorios con presencia de comunidades

étnicas depende de la coherencia entre el enfoque intercultural declarado y su materialización en cada punto de contacto con la comunidad (Morales et al., 2021).

La aplicación del Análisis de Ciclo de Vida conforme a las normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006 durante la formulación produjo un resultado contraintuitivo: los mayores impactos ambientales del proyecto se concentran en las emisiones directas de combustión vehicular durante la captura de campo sobre las cinco Unidades de Intervención Territorial rurales, y no en los consumos de oficina, lo que implica que las estrategias de mitigación más efectivas son aquellas que actúan sobre la planificación de rutas y la consolidación de jornadas territoriales; incorporar el análisis ambiental en la formulación y no como informe de cierre permite que sus resultados retroalimenten decisiones de diseño operativo con impacto real en la huella ambiental del proyecto, práctica que el sector catastral en Colombia aún no ha incorporado de manera sistemática.

El desarrollo integral de la formulación verificó empíricamente que en proyectos públicos de alta complejidad técnica, territorial e institucional como la actualización catastral multipropósito, la inversión en una fase rigurosa de preinversión no es un costo burocrático sino una condición de viabilidad, en la medida en que un proyecto formulado con análisis multicriterio de alternativas, evaluación financiera con cuatro indicadores, gestión de cuarenta requerimientos técnicos de calidad y planificación de diecisiete perfiles profesionales reduce sustancialmente la probabilidad de enfrentar sorpresas estructurales en alcance, costo o calidad durante la ejecución (Kaufmann y Steudler, 1998); esta conclusión, derivada de la experiencia concreta de formulación para Buenavista (Sucre), configura un modelo metodológico con potencial de transferencia a los más de 400 municipios colombianos que aún no han completado su actualización catastral multipropósito, aportando así a la disciplina de la gerencia de proyectos públicos en el contexto de la Política Nacional de Catastro Multipropósito (Departamento Nacional de Planeación, 2019).

5. Conclusiones y Recomendaciones

El diagnóstico de la información catastral del municipio de Buenavista (Sucre) confirmó la existencia de un rezago histórico de más de diecisiete años que se expresa de manera simultánea en inconsistencias entre los componentes gráfico y alfanumérico, errores de omisión y comisión, diferencias en áreas registradas y un subregistro predial del 30 % frente al universo proyectado de 5.135 predios. Estas deficiencias comprometen estructuralmente la gestión fiscal del municipio, la planificación territorial, la seguridad jurídica de la propiedad, la política agraria y el manejo ambiental de las zonas bajo el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del río Bajo San Jorge, que cubre el 71,57 % del territorio. El diagnóstico cumplió su función metodológica en los términos del PMBOK octava edición (Project Management Institute, 2025) al delimitar supuestos, identificar restricciones y fundamentar empíricamente la pertinencia de la intervención propuesta.

El alcance del proyecto fue definido de manera integral y verificable mediante la articulación de los cuatro componentes catastrales físico, jurídico, social y económico con los lineamientos técnicos de las Resoluciones IGAC 1040 de 2023 y 746 de 2024 y el modelo LADM_COL, traducéndose en seis objetivos específicos del proyecto con indicadores de éxito medibles, una Estructura de Desglose de Trabajo asociada a los siete hitos contractuales y una distribución territorial sobre cinco Unidades de Intervención Territorial que suman 14.808 hectáreas. Este ejercicio demostró que el enfoque multipropósito no es una exigencia normativa adicional sino una condición metodológica que obliga a articular dimensiones técnicas, sociales e institucionales desde la formulación, superando la concepción del catastro como proceso de medición exclusivamente geométrica (Kaufmann y Steudler, 1998).

La estimación de recursos se estructuró mediante una jerarquía de cinco niveles que desagregó costos directos por \$3.144.200.000, costos indirectos por \$752.000.000 y reservas de contingencia y gestión por \$1.754.000.000, para un valor contractual total de \$6.278.000.000, soportado por diecisiete

perfiles profesionales dimensionados conforme al volumen predial y a la distribución de las Unidades de Intervención Territorial. La evaluación financiera confirmó la viabilidad del proyecto con un Valor Presente Neto de \$1.288.317.988, una Tasa Interna de Retorno Modificada del 70,19 % anual efectivo frente a un Costo Promedio Ponderado de Capital del 11,85 %, y una relación beneficio-costos de 1,5924, con un margen residual del 8,92 % sobre el punto de equilibrio total calculado bajo el escenario de máxima materialización de riesgos, lo que evidencia que una estimación rigurosa basada en la desagregación técnica del alcance es condición indispensable para garantizar la viabilidad de proyectos catastrales públicos en contextos de alta complejidad territorial.

El cronograma se estructuró en cuatro fases secuenciales articuladas con los siete hitos contractuales y distribuidas en 240 días hábiles de ejecución, incorporando la técnica PERT para actividades críticas, planificación estacional que evita el pico de lluvias en la región Caribe y distribución operativa proporcional al volumen predial de cada Unidad de Intervención Territorial. La vinculación explícita entre la red de precedencias, el diccionario de actividades y los hitos de pago configuró un cronograma con trazabilidad integral que opera como herramienta activa de gestión de la incertidumbre en coherencia con el dominio de Cronograma del PMBOK octava edición (Project Management Institute, 2025), y cuya articulación entre programación temporal y arquitectura territorial constituye uno de los aportes metodológicos más relevantes de la formulación frente a la práctica convencional del sector catastral en Colombia.

El sistema de seguimiento, control y aseguramiento de la calidad integró cuarenta requerimientos técnicos distribuidos en cinco bloques con el índice de conformidad técnica Q como indicador central de desempeño ($Q \geq 95 \%$), operacionalizado mediante el cociente entre requisitos cumplidos y requisitos evaluados conforme al Anexo Técnico de la Resolución IGAC 1040 de 2023, y articulado con la norma ISO 9001:2015, tres niveles de control de calidad y un modelo de escalamiento de conflictos de cinco niveles construido a partir del Conflict Mode Instrument de Thomas y Kilmann (1974). Este enfoque integral demostró que el aseguramiento de la calidad en proyectos catastrales exige tanto rigor técnico-normativo como capacidad institucional para gestionar las dinámicas sociales y organizacionales del

entorno territorial, superando la concepción del control de calidad como verificación exclusivamente documental.

La formulación del proyecto de actualización catastral con enfoque multipropósito para el municipio de Buenavista (Sucre) demostró que la articulación rigurosa entre el diagnóstico territorial, la definición del alcance, la estimación de recursos, la programación operativa y el aseguramiento de la calidad, bajo los principios del PMBOK octava edición y los lineamientos técnicos del IGAC, no solo produce un instrumento de preinversión técnicamente válido sino un modelo de toma de decisiones que reduce la incertidumbre de la inversión pública y fortalece la capacidad institucional del territorio. El trabajo trasciende el caso particular de Buenavista en la medida en que la arquitectura metodológica desarrollada que integra análisis multicriterio, evaluación financiera, gestión de riesgos, enfoque intercultural y análisis de ciclo de vida configura un modelo replicable para municipios colombianos con características similares de ruralidad, rezago catastral y complejidad social, contribuyendo así a la disciplina de la gerencia de proyectos públicos aplicada a la Política Nacional de Catastro Multipropósito (Departamento Nacional de Planeación, 2019).

6. Referencias

- Aditya, T., Hidayat, R., & Nugraha, A. (2021). Mobile-based land data collection aligned with LADM for improving cadastral efficiency. *Land Use Policy*, 108, 105563.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105563>
- Albornoz, H. R. (2006). *Derecho catastral y registral*. La Ley.
- Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de proyectos* (7.^a ed.). McGraw-Hill.
- Banco de la República de Colombia. (2026). Tasa de interés de política monetaria. Recuperado en mayo de 2026 de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/tasa-de-interes-de-politica-monetaria>
- Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2020). *Principles of Corporate Finance* (13th ed.). McGraw-Hill Education.
- British Standards Institution. (2011). PAS 2050:2011. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. BSI.
- Castán Tobeñas, J. (2005). *Derecho civil español, común y foral* (Tomo II). Reus.
- Cemellini, A., van Oosterom, P., & Thompson, R. (2020). LADM-based 3D cadastre: Advancing legal and spatial integration. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(9), 534.
<https://doi.org/10.3390/ijgi9090534>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2015). *Manual de formulación, evaluación y monitoreo de proyectos sociales*. Naciones Unidas.
- Congreso de la República de Colombia. (1983, 6 de julio). Ley 14 de 1983, por la cual se fortalecen los fiscos de las entidades territoriales y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 36.288. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=267>
- Congreso de la República de Colombia. (1990, 18 de diciembre). Ley 44 de 1990, por la cual se dictan normas sobre catastro e impuestos sobre la propiedad raíz. Diario Oficial No. 39.607.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=283>

Congreso de la República de Colombia. (1991, 4 de marzo). Ley 21 de 1991, por la cual se aprueba el Convenio número 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes. Diario Oficial No. 39.720. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=37032>

Congreso de la República de Colombia. (1993, 22 de diciembre). Ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA. Diario Oficial No. 41.146.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>

Congreso de la República de Colombia. (1993, 27 de agosto). Ley 70 de 1993, por la cual se desarrolla el artículo transitorio 55 de la Constitución Política sobre comunidades negras. Diario Oficial No. 41.013. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=7388>

Congreso de la República de Colombia. (1997, 18 de julio). Ley 388 de 1997, por la cual se modifica la Ley 9 de 1989 y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 43.091. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339>

Congreso de la República de Colombia. (2000, 6 de octubre). Ley 617 de 2000, por la cual se reforma parcialmente la Ley 136 de 1994, el Decreto Extraordinario 1222 de 1986, se adiciona la Ley Orgánica de Presupuesto, el Decreto 1421 de 1993, se dictan otras normas tendientes a fortalecer la descentralización y se dictan normas para la racionalización del gasto público nacional. Diario Oficial No. 44.188. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=3771>

Congreso de la República de Colombia. (2011, 16 de junio). Ley 1450 de 2011, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014. Diario Oficial No. 48.102. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=43101>

Congreso de la República de Colombia. (2012, 17 de octubre). Ley 1581 de 2012, por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales. Diario Oficial No. 48.587. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981>

Congreso de la República de Colombia. (2013, 19 de julio). Ley 1672 de 2013, por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Diario Oficial No. 48.856.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=53825>

Congreso de la República de Colombia. (2015, 9 de junio). Ley 1753 de 2015, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un nuevo país". Diario Oficial No. 49.538.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=61933>

Congreso de la República de Colombia. (2019, 25 de mayo). Ley 1955 de 2019, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 "Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad". Diario Oficial No. 50.964. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=93970>

Congreso de la República de Colombia. (2023, 19 de mayo). Ley 2294 de 2023, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 "Colombia Potencia Mundial de la Vida". Diario Oficial No. 52.400. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=209510>

Damodaran, A. (2008). Strategic Risk Taking: A Framework for Risk Management. Wharton School Publishing.

Damodaran, A. (2012). Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Decreto 0175 de 2025 [Presidencia de la República de Colombia]. Por el cual se modifica el impuesto de timbre nacional. (2025).

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=259629>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. DANE. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2024). Proyecciones de población municipal por área 2018-2035. DANE. <https://www.dane.gov.co>

Departamento Nacional de Planeación. (2019). Documento CONPES 3958: Estrategia para la implementación de la política pública de catastro multipropósito. DNP.

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3958.pdf>

Departamento Nacional de Planeación. (2022). Metodología General Ajustada (MGA) para la formulación de proyectos de inversión pública. DNP.

Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales [DIAN]. (2026). Calendario tributario 2026. Recuperado de <https://www.dian.gov.co>

Dorado, D. (Comp.). (2022). El catastro multipropósito: Reflexiones alrededor de su potencialidad y aplicación. Escuela Superior de Administración Pública.

Enemark, S. (2009). Land administration systems: Managing rights, restrictions and responsibilities in land. Map World Forum.

Enemark, S., Bell, K. C., Lemmen, C., & McLaren, R. (2014). Fit-for-purpose land administration. International Federation of Surveyors & World Bank.

Estatuto Tributario Nacional [Colombia], Decreto 624 de 1989, modificado por la Ley 223 de 1995. Artículo 18: Contratos de colaboración empresarial.

Federación Internacional de Agrimensores. (2014). Fit-for-purpose land administration (FIG Publication No. 60). FIG.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2003). Land tenure and rural development (FAO Land Tenure Studies 3). FAO.

Gobierno Nacional de Colombia y FARC-EP. (2016). Acuerdo final para la terminación del conflicto y la construcción de una paz estable y duradera. Oficina del Alto Comisionado para la Paz.

Goedkoop, M., Effting, S., & Collignon, M. (2000). The Eco-indicator 99: A damage oriented method for life cycle impact assessment. Manual for designers (2.^a ed.). PRé Consultants.

Hagemans, J., van Oosterom, P., & Bennett, R. (2022). Improving cadastral map accuracy using AI and historical records: The Cadastral Map Next approach. *Land*, 11(3), 356.

<https://doi.org/10.3390/land11030356>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2008). Resolución 620 de 2008, por la cual se establecen los procedimientos para los avalúos ordenados dentro del marco de la Ley 388 de 1997. IGAC.

https://www.igac.gov.co/sites/default/files/2022-05/resolucion_620de2008.pdf

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2020). Lineamientos técnicos para la implementación del catastro multipropósito. IGAC.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2023). Resolución 1040 de 2023, Por la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas para los procesos del catastro multipropósito. IGAC.

https://www.igac.gov.co/sites/default/files/transparencia/normograma/resolucion_1040_de_2023_con_a_nexos_.pdf

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2023a). Resolución 1040 de 2023, por la cual se establecen las especificaciones técnicas para los productos de la formación, actualización y conservación catastral con enfoque multipropósito. IGAC.

https://www.igac.gov.co/sites/default/files/transparencia/normograma/resolucion_1040_de_2023_con_a_nexos_.pdf

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2023b). Resolución transitoria 338 de 2023, por la cual se emiten directrices para la implementación de la política pública de catastro multipropósito en territorios y territorialidades indígenas. IGAC.

<https://www.igac.gov.co/index.php/transparencia-y-acceso-a-la-informacion-publica/normograma/resolucion-no-338-de-2023>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2024). Resolución 746 de 2024, Por la cual se actualizan los lineamientos del modelo de datos LADM_COL. IGAC.

https://www.igac.gov.co/sites/default/files/transparencia/normograma/RESOLUCION%20746%20DE%202024%20MODIFICACION%201040-con%20anexos_compressed%20%281%29.pdf

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2024a). Instructivo IN-GCT-PC03-01: Elaboración del estudio de zonas homogéneas físicas y geoeconómicas y determinación del valor unitario e integral (PH) por tipo de construcción. IGAC.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2024b). Resolución 746 de 2024, por la cual se adopta el modelo extendido LADM_COL para la gestión catastral multipropósito. IGAC.

https://www.igac.gov.co/sites/default/files/transparencia/normograma/RESOLUCION%20746%20DE%202024%20MODIFICACION%20C3%93N%201040-con%20anexos_compressed%20%281%29.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories (H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Eds.). IGES.

International Association of Assessing Officers. (2017). Standard on mass appraisal of real property. IAAO.

International Organization for Standardization. (2006a). ISO 14040:2006. Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework. ISO.

International Organization for Standardization. (2006b). ISO 14044:2006. Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines. ISO.

International Organization for Standardization. (2012a). ISO 19152:2012. Geographic information — Land Administration Domain Model (LADM). ISO.

International Organization for Standardization. (2012b). ISO/TR 14047:2012. Environmental management — Life cycle assessment — Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations. ISO.

International Organization for Standardization. (2015). ISO 9001:2015. Quality management systems — Requirements. ISO.

International Organization for Standardization [ISO]. (2018). ISO 31000:2018 Risk management — Guidelines. ISO.

International Organization for Standardization & International Electrotechnical Commission. (2011). ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality models. ISO/IEC.

Kara, A., van Oosterom, P., & Lemmen, C. (2024). Developments towards LADM Edition II: Enhancing 3D and marine land administration. *Land Use Policy*, 137, 106987. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106987>

Kaufmann, J., & Steudler, D. (1998). Cadastre 2014: A vision for a future cadastral system. International Federation of Surveyors.

KOGIS. (2006). INTERLIS 2 — Reference manual. Federal Office of Topography swisstopo.

Lemmen, C., Van Oosterom, P., & Bennett, R. (2015). The Land Administration Domain Model. *Land Use Policy*, 49, 535–545. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.01.014>

Ley 223 de 1995 [Congreso de la República de Colombia]. Por la cual se expiden normas sobre racionalización tributaria y se dictan otras disposiciones. (1995). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=6968>

Ministerio del Interior. (2022, 12 de septiembre). Resolución 265 de 2022, por la cual se inscribe en el registro único de consejos comunitarios y organizaciones de base de comunidades negras, afrocolombianas, raizales y palenqueras a la asociación AFROSDEBUENAVISTA. *Diario Oficial*.

Ministerio del Trabajo. (2019, 13 de febrero). Resolución 0312 de 2019, por la cual se definen los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST. *Diario Oficial* No. 50.872. https://www1.funcionpublica.gov.co/documents/34645357/34703621/Resolucion_0312_de_2019.pdf/3c93008d-dd8e-8b0d-e5ea-ec6699db86e7

Miranda Miranda, J. J. (2012). *Gestión de proyectos: Identificación, formulación, evaluación financiera, económica, social y ambiental* (8.^a ed.). MM Editores.

Miranda Miranda, J. J. (2017). *Gestión de proyectos: identificación, formulación, evaluación financiera, económica, social, ambiental* (8^a ed.). MM Editores.

Modigliani, F., & Miller, M. H. (1958). The cost of capital, corporation finance and the theory of investment. *American Economic Review*, 48(3), 261-297.

Morales, J., Enemark, S., & McLaren, R. (2021). Applying the Fit-for-Purpose approach in post-conflict rural land administration. *Land Use Policy*, 104, 105389.

<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105389>

OPENGIS.ch. (2024). QField documentation. <https://docs.qfield.org>

PMI-GPM Sustainability Joint Venture. (2024). The GPM® P5™ Standard for Sustainability in Project Management (Version 4.0). Project Management Institute & Green Project Management.

Presidencia de la República de Colombia. (2005, 30 de diciembre). Decreto 4741 de 2005, por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. *Diario Oficial No. 46.137*.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=18718>

Presidencia de la República de Colombia. (2012, 2 de agosto). Decreto 1640 de 2012, por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos. *Diario Oficial No. 48.510*.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49987>

Presidencia de la República de Colombia. (2013, 27 de junio). Decreto 1377 de 2013, por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 1581 de 2012. *Diario Oficial No. 48.834*.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=53646>

Presidencia de la República de Colombia. (2015, 26 de mayo). Decreto 1072 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. *Diario Oficial No. 49.523*.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72173>

Presidencia de la República de Colombia. (2015, 26 de mayo). Decreto 1077 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio. *Diario Oficial No. 49.523*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77216>

Presidencia de la República de Colombia. (2017, 29 de mayo). Decreto Ley 902 de 2017, por el cual se adoptan medidas para facilitar la implementación de la Reforma Rural Integral contemplada en el Acuerdo Final en materia de tierras, específicamente el procedimiento para el acceso y formalización y el Fondo de Tierras. Diario Oficial No. 50.248.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=81859>

Presidencia de la República de Colombia. (2018, 23 de julio). Decreto 1273 de 2018, por el cual se modifica el artículo 2.2.1.1.1.7, se adiciona el Título 7 a la Parte 2 del Libro 3 del Decreto 780 de 2016, en relación con el pago y retención de aportes al Sistema de Seguridad Integral y Parafiscales. Diario Oficial No. 50.667. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87624>

Presidencia de la República de Colombia. (2019, 31 de octubre). Decreto 1983 de 2019, por el cual se reglamentan parcialmente los artículos 79, 80, 81 y 82 de la Ley 1955 de 2019 y se modifica parcialmente el Decreto 1170 de 2015. Diario Oficial No. 51.148.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=101892>

Presidencia de la República de Colombia. (2020, 4 de febrero). Decreto 148 de 2020, por el cual se reglamentan parcialmente los artículos 79, 80, 81 y 82 de la Ley 1955 de 2019 y se modifica parcialmente el Título 2 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1170 de 2015. Diario Oficial No. 51.232.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=105952>

Presidencia de la República de Colombia. (2021). Catastro multipropósito como herramienta de construcción de paz. Consejería Presidencial para la Gestión y el Cumplimiento.

Presidencia de la República de Colombia. (2021, 19 de julio). Decreto 846 de 2021, por el cual se modifica la estructura del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Diario Oficial No. 51.745.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=167626>

Presidencia de la República de Colombia. (2022, 28 de enero). Decreto 140 de 2022, por el cual se adiciona el Capítulo 6 al Título 2 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1170 de 2015, en relación con el patrimonio autónomo para la financiación de los procesos catastrales con enfoque multipropósito.

Diario Oficial No. 51.945.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=176466>

Presidencia de la República de Colombia. (2025a, 25 de abril). Decreto 0462 de 2025, por el cual se reglamentan parcialmente los artículos 45 y 46 de la Ley 2294 de 2023 en relación con la implementación de la política de catastro multipropósito en territorios y territorialidades indígenas.

Diario Oficial. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=259716>

Presidencia de la República de Colombia. (2025b, 17 de octubre). Decreto 1139 de 2025, por el cual se reglamentan parcialmente los artículos 45 y 46 de la Ley 2294 de 2023 en relación con la implementación de la política de catastro multipropósito en territorios colectivos y en las tierras ocupadas ancestralmente por comunidades negras, afrocolombianas, raizales y palenqueras. Diario Oficial. <https://www.bogotajuridica.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=191524>

Project Management Institute. (2017). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (6.ª ed.). PMI.

Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (7.ª ed.). PMI.

Project Management Institute. (2025). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) (8.ª ed.) [incluye El estándar para la dirección de proyectos]. PMI.

QGIS Development Team. (2024). QGIS geographic information system user guide. QGIS Project. <https://qgis.org/documentation/>

Resolución 0662 de 2026 [Superintendencia Financiera de Colombia]. Por la cual se certifica el Indicador Bancario Cubierto (IBC) para mayo de 2026. (2026).

<https://www.cerlatam.com/normatividad/superfinanciera-resolucion-0662-de-2026-30-abr-2026/>

Rodríguez Castañeda, M. (2017). Evaluación de impacto de sistemas catastrales en contextos de posconflicto [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional UNAL.

Ross, S. A., Westerfield, R. W., & Jaffe, J. F. (2019). Corporate Finance (12th ed.). McGraw-Hill Education.

Sapag Chain, N., Sapag Chain, R., & Sapag Puelma, J. M. (2014). Preparación y evaluación de proyectos (6.^a ed.). McGraw-Hill.

Steudler, D. (2004). A framework for the evaluation of land administration systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, 28(5), 495–515. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2003.07.003>

Superintendencia Financiera de Colombia. (2026). Tasas de interés y desembolsos por modalidad de crédito. Recuperado en mayo de 2026 de <https://www.superfinanciera.gov.co>

Tomić, M., Ivković, M., & Roić, M. (2021). Mass valuation models based on LADM and integrated land information systems. *Land Use Policy*, 109, 105699. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105699>

Unidad de Planeación Minero Energética. (2024, 26 de diciembre). Resolución 001198 de 2024, por la cual se actualiza el factor de emisión de gases de efecto invernadero del Sistema Interconectado Nacional para el 2023, para inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y proyectos de mitigación de GEI. UPME. https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_upme_1198_2024.htm

UN-Habitat. (2008). Secure land rights for all. United Nations Human Settlements Programme.

Williamson, I., Enemark, S., Wallace, J., & Rajabifard, A. (2010). Land administration for sustainable development. ESRI Press.

Williamson, I., & Ting, L. (2001). Land administration and cadastral trends: A framework for re-engineering. *Computers, Environment and Urban Systems*, 25(3), 339–366. [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(00\)00038-9](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(00)00038-9)

World Bank. (2017). Land administration and governance: Supporting the implementation of land policies. World Bank.

7. Anexos

- [Anexo A. Glosario](#)
- [Anexo B. Registro integrado de supuestos y restricciones del proyecto](#)
- [Anexo C. Estructura de recursos humanos del proyecto](#)
- [Anexo D. Balance social del proyecto](#)
- [Anexo E. Cálculo de impacto ambiental bajo criterios P5 versión 4.0 aplicado al proyecto](#)
- [Anexo F. Estrategias de mitigación de impacto ambiental del proyecto](#)
- [Anexo G. Registro de interesados](#)
- [Anexo H. Priorización inicial de interesados según Índice de Prominencia \(IPI\)](#)
- [Anexo I. Ficha estandarizada de registro de conflictos — FRC-001](#)
- [Anexo J. Registro maestro de los 74 requisitos del proyecto](#)
- [Anexo K. Requisitos críticos prioritarios del proyecto \(18 requisitos\)](#)
- [Anexo L. Extracto representativo de la matriz de trazabilidad \(12 requisitos\)](#)
- [Anexo M. EDT Detallada del proyecto](#)
- [Anexo N. Diccionario de datos EDT](#)
- [Anexo Ñ. Matriz de comunicaciones](#)
- [Anexo O. Glosario de terminología común](#)
- [Anexo P. Estimación Pert](#)
- [Anexo Q. Cronograma detallado del proyecto](#)
- [Anexo R. Especificaciones técnicas de requerimientos del Componente Físico \(Q01 – Q12\)](#)
- [Anexo S. Especificaciones técnicas de requerimientos del Componente Jurídico \(Q13 – Q20\)](#)
- [Anexo T. Especificaciones técnicas de requerimientos del Componente Económico \(Q21 – Q28\)](#)
- [Anexo U. Especificaciones técnicas de requerimientos del Componente Social \(Q29 – Q34\)](#)
- [Anexo V. Especificaciones técnicas de requerimientos del bloque Transversal y PMI \(Q35 – Q40\)](#)
- [Anexo W. Programa anual de auditorías internas y externas del proyecto.](#)
- [Anexo X. Presupuesto detallado del proyecto](#)
- [Anexo Y. Matriz de asignación de responsabilidades RACI](#)
- [Anexo Z. Catálogo de riesgos](#)
- [Anexo AA. Plan detallado de adquisiciones del proyecto](#)

Anexo AB. Diagrama Gantt – Proyecto Buenavista

Anexo AC. Diagrama de red – Proyecto Buenavista