

**Diseño geométrico de intersecciones viales a desnivel, con base en la integración de: BIM,
IPD y Lean Construction**

Karen Milady Castañeda Parra

Trabajo de grado para optar al título de Magister en Ingeniería Civil

Director

Hernán Porras Díaz

Ingeniero Civil, M.SC. Ph.D

Codirector

Omar Giovanni Sánchez Rivera

Ingeniero Civil, M.SC. Ph.D (c)

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de ingeniería civil

Bucaramanga

2020

Tabla de Contenido

1 Objetivos	33
1.1 Pregunta de investigación	33
1.2 Objetivo general	33
1.3 Objetivos específicos	33
2. Fundamentación teórica	35
2.1 Diseño vial	35
2.2 Intersecciones viales	36
2.2.1 Intersecciones a nivel	39
2.2.2 Intersecciones a desnivel	44
2.3 Building information modeling.....	49
2.3.1 Definición.....	49
2.3.2 Beneficios de la implementación BIM.....	50
2.3.3 BIM para infraestructura vial	52
2.3.4 Autodesk Infraworks	53
2.4 Lean Construction	56
2.4.1 Definición.....	56
2.4.2 Aplicación del concepto Lean en la industria de la construcción	57
2.4.3 Principios Lean Construction en la industria de la construcción	58

2.4.4 Tipos de desperdicios en la industria de construcción	59
2.4.5 Lean Construction en la etapa de diseño	60
2.4.6 Herramientas Lean	62
2.4.7 Integración Lean Construction – BIM	64
2.5 Integrated Project Delivery – IPD	66
2.5.1 Definición IPD	66
2.5.2 Principios IPD	67
2.5.3 Beneficios IPD	68
2.5.4 IPD vs modelo tradicional de entrega de proyectos	69
2.5.5 Implementación IPD	70
2.5.6 Barreras de implementación IPD	72
2.5.7 Integración BIM – IPD	73
3. Metodología de investigación	74
3.1 Caracterización de la metodología tradicional de diseño geométrico de intersecciones viales a desnivel	74
3.2 Implementación BIM al diseño geométrico de intersecciones a desnivel	79
3.2.1 Identificación de objetivos de la implementación BIM y usos BIM	79
3.2.2 Diseño del proceso de ejecución del proyecto	80
3.2.3 Desarrollo de intercambios de información	81
3.2.4 Definición de la infraestructura de soporte para la implementación BIM	82

3.3 Implementación Lean Construction al diseño geométrico de intersecciones a desnivel	82
3.3.1 Identificación de procesos para implementación Lean	83
3.3.2 Selección y asignación de herramientas Lean.....	83
3.3.3 Integración Lean a las actividades del proyecto	84
3.3.4 Caracterización de la integración BIM – Lean	84
3.3.5 Planificación de la implementación Lean	84
3.4 Implementación Integrated Project Delivery al diseño geométrico de intersecciones a desnivel	85
3.4.1 Configuración del equipo IPD y su funcionamiento	86
3.4.2 Definición de roles, responsabilidades y alcances de los servicios.....	86
3.4.3 Definición y medición de los resultados del proyecto	87
3.4.4 Definición de consideraciones legales	87
3.5 Caracterización de la metodología	88
3.6 Validación y calibración de la metodología.....	88
3.6.1 Revisión y comparación documental	89
3.6.2 Ecuaciones de balance para archivos de entrada y salida	89
3.6.3 Aplicación de la metodología a dos casos de estudio	90
4. Resultados y discusión	91
4.1 Caracterización de la metodología de diseño geométrico de intersecciones viales a desnivel	91
4.1.1 Mapa de procesos: metodología tradicional.....	91

4.1.2 Características de procesos de diseño	96
4.2 Implementación BIM al diseño geométrico de intersecciones a desnivel	96
4.2.1 Usos y procesos BIM	96
4.2.2 Modelos BIM	101
4.2.3 Características de los procesos con la implementación BIM	104
4.3 Implementación Lean Construction al diseño geométrico de intersecciones a desnivel	104
4.3.1 Visual management.....	105
4.3.2 Big Room	122
4.3.3 Value stream mapping	126
4.4 Implementación Integrated Project Delivery al diseño geométrico de intersecciones a desnivel	127
4.4.1 Aspectos legales del proyecto	131
4.4.2 Definición de recursos financieros de costo disponible para el proyecto	131
4.4.3 Definición del alcance y tamaño del proyecto	131
4.4.4 Definición de acuerdos de confidencialidad	132
4.4.5 Selección del equipo IPD	132
4.4.6 Definición de participantes primarios y secundarios	133
4.4.7 Definición de roles y responsabilidades.....	133
4.4.8 Elaboración de términos del contrato IPD para cada miembro del equipo	134
4.4.9 Definición de compensaciones en función del éxito del proyecto	134

4.4.10 Planes de resolución de conflictos	135
4.4.11 Asignación de métricas para los entregables del proyecto	135
4.4.12 Definición de características principales del diseño del proyecto.....	136
4.4.13 Identificación de características del proyecto que pueden reducir el costo de manera significativa	136
4.4.14 Estimación del costo del proyecto con base en proyectos previamente desarrollados	137
4.4.15 Propuesta de un calendario general para el desarrollo de las etapas del proyecto	137
4.4.16 Metodologías y protocolos de comunicación entre participantes	138
4.4.17 Diseño de procesos para actividades de revisión, aprobación y toma de decisiones	139
4.4.18 Definición de criterios de transparencia de datos	139
4.4.19 Definición del alcance y entregables para cada uno de los participantes	140
4.4.20 Definición de la estructura del desarrollo del modelo BIM	140
4.4.21 Asignación del contenido requerido para los modelos BIM de cada disciplina	141
4.4.22 Definición de características de archivos de entrega	141
4.4.23 Diseño de la estructura de almacenamiento y gestión de archivos	141
4.4.24 Asignación de permisos para la edición y visualización de información	142
4.5 Caracterización de la metodología	142
4.5.1 Participantes proyectados en la metodología propuesta	142
4.5.2 Información de modelos BIM	143
4.5.3 Mapas de procesos generales y detallados	149

4.5.4 Características de procesos y subprocesos.....	199
4.5.5 Estructura de almacenamiento de información.....	199
4.5.6 Procesos vs Stakeholders	210
4.6 Validación y calibración de la metodología.....	223
4.6.1 Revisión y comparación documental	223
4.6.2 Ecuaciones de balance para archivos de entrada y salida	223
4.6.3 Aplicación de la metodología a un proyecto de intersección vial tipo trompeta	225
4.6.4 Aplicación de la metodología a un proyecto de intersección vial tipo trébol	260
4.6.5 Colaboración y análisis de la intervención en los proyectos de estudio	273
4.6.6 Metodología propuesta vs la metodología tradicional	284
5. Conclusiones	289
5.1 Conclusiones	289
5.2 Futuras líneas de trabajo	296
5.3 Limitaciones del estudio	297
Referencias BibliograficasC	300
Apéndices.....	319

Lista de figuras

Figura 1. Intersección vial. Retrieved from https://leankit.com/wp-content/uploads/2014/07/020087-grand-junction.jpg	37
Figura 2. Esquema de intersección no canalizada a nivel en T. Tomado del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008)	41
Figura 3. Esquema de intersección no canalizada a nivel en X. Tomado del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008)	41
Figura 4. Esquema de intersección canalizada a nivel en T. Tomado del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008)	42
Figura 5. Esquema de intersección canalizada a nivel en X. Tomado del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008)	43
Figura 6. Esquema de intersección tipo glorieta a nivel. Tomado del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008)	44
Figura 7. Esquema de intersección a desnivel tipo trompeta. Tomado del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008)	46
Figura 8. Esquema de intersección a desnivel tipo trébol. Tomado del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008).....	47
Figura 9. Intersección a desnivel tipo glorieta. Tomado de Metrolinea. Retrieved from https://melodiaenlinea.com/adjudicada-licitacion-del-intercambiador-guatiguara/	48
Figura 10. Intersección a desnivel tipo diamante divergente. Tomado de Tocograferos. Retrieved from https://www.miamiherald.com/news/article138156553.html	49

Figura 11. Interacciones BIM – Lean. Tomada de (Sacks et al., 2010).....	65
Figura 12. Modelo de entrega de proyectos tradicional vs modelo integrado. Tomada de (Díaz et al., 2014)	70
Figura 13. Formato para la planificación de la implementación lean – parte I.	85
Figura 14. Mapa de procesos del diseño geométrico de intersecciones a desnivel – Fase I. Pre - Factibilidad.	93
Figura 15. Mapa de procesos del diseño geométrico de intersecciones a desnivel – Fase II. Factibilidad.	94
Figura 16. Mapa de procesos del diseño geométrico de intersecciones a desnivel – Fase III. Diseños definitivos.	95
Figura 17. Tablero de pendientes – Visual Management. Retrieved from https://www.pinterest.es/pin/739505201291507812/	111
Figura 18. Ejemplo de espacio Big Room. Tomada de Autodesk. Retrieved from https://cdn.redshift.autodesk.com/2016/05/DPR-planning-lean-construction-1024x595.jpg	122
Figura 19. Participantes propuestos en las reuniones Big-Room.	125
Figura 20. Mapa implementación IPD – parte 1.....	129
Figura 21. Mapa implementación IPD – parte 2.....	130
Figura 22. Contenido de modelos BIM – Fase III – parte 1.	147
Figura 23. Contenido de modelos BIM – Fase III – parte 2.	148
Figura 24. Mapa de procesos del diseño geométrico de intersecciones – Fase III.	150
Figura 25. Mapa de procesos del diseño geométrico detallado de intersecciones – Fase III	151
Figura 26. Mapa general de procesos de diseño – Fase III – parte 1.....	153
Figura 27. Mapa general de procesos de diseño – Fase III – parte 2.....	154

Figura 28. Mapa general de procesos de diseño – Fase III – parte 3.....	155
Figura 29. Mapa general de procesos de diseño – Fase III – parte 4.....	156
Figura 30. Mapa general de procesos de diseño – Fase III – parte 5.....	157
Figura 31. Mapa general de procesos de diseño – Fase III – parte 6.....	158
Figura 32. Mapa general de procesos de diseño – Fase III – parte 7.....	159
Figura 33. Mapa general de procesos de diseño geométrico de intersecciones parte 1.....	161
Figura 34. Mapa general de procesos de diseño geométrico de intersecciones parte 2.....	162
Figura 35. Mapa general de procesos de diseño geométrico de intersecciones parte 3.....	163
Figura 36. Mapa general de procesos de diseño geométrico de intersecciones parte 4.....	164
Figura 37. Mapa general de procesos de diseño geométrico de intersecciones parte 5.....	165
Figura 38. Mapa general de procesos de diseño geométrico de intersecciones parte 6.....	166
Figura 39. Mapa general de procesos de diseño geométrico de intersecciones parte 7.....	167
Figura 40. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño de la sección de entrecruzamiento”.	169
Figura 41. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “dimensionamiento de los pasos a desnivel” parte 1.	170
Figura 42. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “dimensionamiento de los pasos a desnivel” parte 2.	171
Figura 43. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada” - parte 1.....	172
Figura 44. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada” - parte 2.....	173

Figura 45. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada” - parte 1.	174
Figura 46. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada” - parte 2.	175
Figura 47. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada” - parte 3.	176
Figura 48. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño de la sección transversal de la intersección a nivel no canalizada” - parte 1.	177
Figura 49. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño de la sección transversal de la intersección a nivel no canalizada” - parte 2.	178
Figura 50. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta” - parte 1.....	179
Figura 51. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta” - parte 2.....	180
Figura 52. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño horizontal de los ramales de enlace” - parte 1.....	181
Figura 53. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño horizontal de los ramales de enlace” - parte 2.....	182
Figura 54. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “caracterización de isletas”.....	183
Figura 55. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño de la sección transversal de los ramales de enlace” parte - 1.	184

Figura 56. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño de la sección transversal de los ramales de enlace” parte - 2.	185
Figura 57. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “caracterización de abertura de separador central”.	186
Figura 58. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “caracterización de carriles de aceleración”.	187
Figura 59. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “caracterización de carriles de desaceleración” parte - 1.	188
Figura 60. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “caracterización de carriles de desaceleración” parte - 2.	189
Figura 61. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño vertical de Los ramales de enlace” parte - 1.	190
Figura 62. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño vertical de Los ramales de enlace” parte - 2.	191
Figura 63. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño vertical de Los ramales de enlace” parte - 3.	192
Figura 64. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño vertical de Los ramales de enlace” parte - 4.	193
Figura 65. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño vertical de Los ramales de enlace” parte - 5.	194
Figura 66. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “caracterización de carriles exclusivos de giro a la izquierda”.	195

Figura 67. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “definición de la transición de peralte de ramales de enlace” parte 1.	196
Figura 68. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “definición de la transición de peralte de ramales de enlace” parte 2.	197
Figura 69. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “cálculo de los elementos del empalme circular simple Figura 3.1” Manual de Diseño Geométrico INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008).....	198
Figura 70. Estructura de almacenamiento de información.	201
Figura 71. Modelo de ecuaciones de balance para la verificación de los archivos de entrada y salida de cada uno de los procesos. Fuente: BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.2 - The Pennsylvania State University (Messner et al., 2019)	224
Figura 72. Creación del proyecto de intersección vial tipo trompeta en la aplicación Autodesk BIM 360.....	226
Figura 73. Creación del proyecto de intersección vial tipo trompeta en la aplicación Autodesk BIM 360.....	227
Figura 74. Adición de participantes al proyecto de intersección tipo trompeta en la aplicación Autodesk BIM 360.....	229
Figura 75. Notificación a cada participante del proyecto.	229
Figura 76. Asignación de miembros al proyecto en la plataforma Autodesk BIM 360.	230
Figura 77. Creación de perfil de usuario en la plataforma Autodesk BIM 360.....	231
Figura 78. Perfil típico de una empresa en la plataforma Autodesk BIM 360.	231
Figura 79. Listado de empresas asociadas al proyecto.	232
Figura 80. Participantes del proyecto intersección vial tipo Trompeta.	233

Figura 81. Funciones asignadas a los participantes en el proyecto de diseño geométrico de la intersección vial tipo trompeta.....	233
Figura 82. Nivel de acceso a la información del proyecto asignado a los participantes del proyecto de intersección vial a desnivel tipo Trompeta.....	234
Figura 83. Modelo BIM de condiciones existentes vs fotografía 1 del sitio de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.....	235
Figura 84. Modelo BIM de condiciones existentes vs fotografía 2 del sitio de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.....	236
Figura 85. Modelo BIM de condiciones existentes vs fotografía 3 del sitio de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.....	237
Figura 86. Modelo BIM de condiciones existentes vs fotografía 4 del sitio de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.....	238
Figura 87. Plataforma del INVIAS para la obtención de volúmenes vehiculares del sitio de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.....	239
Figura 88. Modelo BIM de condiciones existentes en la intersección vial a desnivel tipo trompeta.	240
Figura 89. Modelo BIM de condiciones existentes en la intersección vial a desnivel tipo trompeta.	240
Figura 90. Intersección vial a nivel canalizada como opción a la intersección tipo trompeta analizada	241
Figura 91. Intersección vial a nivel canalizada como opción a la intersección tipo trompeta analizada.	242

Figura 92. Alternativa de la intersección tipo glorieta en el sitio de la intersección vial a desnivel tipo Trompeta.....	243
Figura 93. Análisis de tráfico de la alternativa de la intersección tipo glorieta en el sitio de la intersección vial a desnivel tipo Trompeta (vista 1)	244
Figura 94. Análisis de tráfico de la alternativa de la intersección tipo glorieta en el sitio de la intersección vial a desnivel tipo Trompeta (vista 2)	244
Figura 95. Análisis de tráfico de la alternativa de la intersección tipo glorieta en el sitio de la intersección vial a desnivel tipo Trompeta (vista 3)	245
Figura 96. Configuración de las propiedades del ensamble en el software Autodesk Inroadworks 2020.....	246
Figura 97. Tramo recto de la calzada principal para la disposición de la intersección tipo trompeta.	248
Figura 98. Tramo recto de la calzada principal para la disposición de la intersección tipo trompeta.	248
Figura 99. Asignación del peralte y bombeo a las calzadas principal y secundaria de la intersección tipo trompeta.	249
Figura 100. Diseño geométrico del alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección tipo corneta.	250
Figura 101. Entrecruzamiento de las calzadas primaria y secundaria en la intersección tipo Trompeta.	251
Figura 102. Revisión del diseño geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección vial tipo trompeta.....	252

Figura 103. Diseño geométrico horizontal de los ramales de enlace de las calzadas principal y secundaria de la intersección vial tipo Trompeta.....	253
Figura 104. Diseño de la sección transversal de los ramales de enlace de la intersección vial tipo Trompeta.	254
Figura 105. Diseño de la sección transversal de los ramales de enlace de la intersección vial tipo Trompeta.	254
Figura 106. Diseño vertical de los ramales de enlace para la intersección vial tipo Trompeta. .	255
Figura 107. Revisión del diseño geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección vial tipo trompeta.....	256
Figura 108. Revisión del diseño geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección vial tipo trompeta.....	257
Figura 109. Vista general #1 del modelo BIM de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.	258
Figura 110. Vista general #2 del modelo BIM de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.	258
Figura 111. Vista general #3 del modelo BIM de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.	259
Figura 112. Vista general #4 del modelo BIM de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.	260
Figura 113. Localización intersección vial tipo trébol.....	261
Figura 114. Modelo BIM de condiciones existentes vs fotografía 2 del sitio de la intersección vial a desnivel tipo trébol.	262
Figura 115. Modelo BIM de condiciones existentes vs fotografía 2 del sitio de la intersección vial a desnivel tipo trébol.	263
Figura 116. Modelo BIM de condiciones existentes vs fotografía 2 del sitio de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.	264

Figura 117. Modelo BIM de condiciones existentes vs fotografía 2 del sitio de la intersección vial a desnivel tipo trébol.	265
Figura 118. Diseño geométrico horizontal de las calzadas primaria y secundaria de la intersección vial tipo trébol.	265
Figura 119. Diseño geométrico vertical de las calzadas primaria y secundaria de la intersección vial tipo trébol.	266
Figura 120. Revisión del diseño geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección vial tipo trébol.	266
Figura 121. Revisión del diseño geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección vial tipo trébol.	267
Figura 122. Revisión del diseño geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección vial tipo trébol.	267
Figura 123. Revisión del diseño geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección vial tipo trébol.	268
Figura 124. Diseño geométrico horizontal de los ramales de enlace de la intersección vial tipo trébol.	268
Figura 125. Diseño geométrico horizontal de los ramales de enlace de la intersección vial tipo trébol.	269
Figura 126. Diseño geométrico vertical de los ramales de enlace de la intersección vial tipo trébol.	269
Figura 127. Diseño geométrico de peralte y transición para los ramales de enlace de la intersección vial tipo trébol.	270

Figura 128. Revisión del diseño geométrico de los ramales de enlace de la intersección vial tipo trébol.	270
Figura 129. Vista general #1 del modelo BIM de la intersección vial a desnivel tipo trébol.	271
Figura 130. Vista general #2 del modelo BIM de la intersección vial a desnivel tipo trébol.	271
Figura 131. Vista general #3 del modelo BIM de la intersección vial a desnivel tipo trébol.	272
Figura 132. Vista general #4 del modelo BIM de la intersección vial a desnivel tipo trébol.	272
Figura 133. Creación de vistas compartidas para el intercambio y comunicación de información y cuestiones de diseño en la plataforma Autodesk BIM 360.	274
Figura 134. Creación de observaciones desde la plataforma Autodesk BIM 360 y la visualización en tiempo real en el archivo raíz del proyecto	275
Figura 135. Cadena de procesos para el trabajo colaborativo con profesional estructural desde Infraworks- plataforma Autodesk BIM 360 -Revit-Robot	276
Figura 136. Vista en planta de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada tipo glorieta durante el proceso de diseño	277
Figura 137. Vista 3D de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada tipo glorieta durante el proceso de diseño dirección N/O	277
Figura 138. Vista 3D de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada tipo glorieta durante el proceso de diseño dirección S/E	278
Figura 139. Vista en planta de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada intersección tipo canalizada durante el proceso de diseño	279
Figura 140. Vista 3D de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada intersección tipo canalizada durante el proceso de diseño dirección N/O	280

Figura 141. Vista 3D de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada intersección tipo canalizada durante el proceso de diseño dirección S/O	281
Figura 142. Vista en planta de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada intersección tipo trompeta durante el proceso de diseño.....	281
Figura 143. Vista 3D de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada intersección tipo trompeta durante el proceso de diseño dirección N/E	282
Figura 144. Vista 3D de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada intersección tipo trompeta durante el proceso de diseño dirección N/O.....	282
Figura 145. Vista 3D de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada intersección tipo trompeta durante el proceso de diseño del ramal en dirección N/O	283
Figura 146. Vista en planta de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada intersección tipo trébol durante el proceso de diseño.....	283
Figura 147. Vista 3D de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada intersección tipo trébol durante el proceso de diseño.....	284
Figura 148. Perfil longitudinal de la metodología propuesta con modelo BIM vs perfil longitudinal de la metodología tradicional AutoCAD Civil 3D	286
Figura 149. Propiedades de la curva según la metodología propuesta con modelo BIM vs propiedades de la curva según la metodología tradicional AutoCAD Civil 3D	287
Figura 150. Sección transversal del ramal según la metodología propuesta con modelo BIM vs sección transversal del ramal según la metodología tradicional AutoCAD Civil 3D.....	288

Lista de tablas

Tabla 1. Procesos para el diseño Fase III de una intersección vial a desnivel.....	75
Tabla 2. Stakeholders involucrados en el diseño Fase III de una intersección vial a desnivel.....	76
Tabla 3. Documentos generados en el diseño Fase III de una intersección vial a desnivel.....	76
Tabla 4. Usos BIM, procesos y sub-procesos con metodología BIM e interrelación entre usos y procesos.....	97
Tabla 5. Modelos BIM producidos por la implementación del enfoque BIM al diseño geométrico de intersecciones a desnivel	102
Tabla 6. Implementación Visual Management (parte 1).	106
Tabla 7. Implementación Visual Management (parte 2).	107
Tabla 8. Implementación Visual Management (parte 3).	108
Tabla 9. Implementación Visual Management (parte 4).	109
Tabla 10. Relación entre actividades de Visual Management y reuniones Big Room.	123
Tabla 11. Participantes propuestos para la vinculación en el proyecto	142
Tabla 12. Ruta de archivos según estructura de almacenamiento de información.	202
Tabla 13. Procesos vs stakeholders (parte 1).	211
Tabla 14. Procesos vs stakeholders (parte 2).	213
Tabla 15. Procesos vs stakeholders (parte 3).	215
Tabla 16. Procesos vs stakeholders (parte 4).	217
Tabla 17. Procesos vs stakeholders (parte 5).	219
Tabla 18. Procesos vs stakeholders (parte 6).	221

RESUMEN

TÍTULO:

DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERSECCIONES VIALES A DESNIVEL, CON BASE EN LA INTEGRACIÓN DE: BIM, IPD Y LEAN CONSTRUCTION*

AUTORES:

KAREN MILADY CASTAÑEDA PARRA**

PALABRAS CLAVES:

Diseño vial, intersecciones viales, building information modeling, lean construction, Integrated Project Delivery

DESCRIPCIÓN:

El proceso de diseño geométrico de intersecciones viales a desnivel ha permanecido sin modificaciones durante varios años, además es asociado a problemáticas que han permanecido a lo largo del tiempo, tales como: retrasos, sobrecostos, errores de diseño, problemas de calidad, entre otros. Las nuevas tecnologías y metodologías podrían mejorar el proceso de diseño geométrico vial, como es el caso de: BIM, IPD y Lean Construction, sin embargo, pocos estudios han sido enfocados a los proyectos viales, y por el contrario, muchos han sido dedicados al sector de la edificación, donde se han observado notables beneficios. En esta investigación se propone una metodología de diseño geométrico de intersecciones viales a desnivel con base en la integración de: BIM, IPD y Lean Construction. La metodología llevada a cabo estuvo compuesta por seis etapas principales: 1) caracterización de la metodología tradicional de diseño geométrico, 2) implementación BIM, 3) implementación Lean Construction, 4) implementación IPD, 5) caracterización de la metodología, y 6) validación y calibración de la metodología. Los resultados muestran que la implementación de BIM permite automatizar el proceso de diseño, mejorar la visualización, y crear un ambiente de colaboración que hace posible detectar errores de diseño en etapas tempranas del proyecto y propiciar la aplicación de los principios del método IPD y la filosofía de reducción de pérdidas Lean Construction. Para la validación y calibración de la metodología propuesta se presenta el diseño geométrico de una intersección a desnivel tipo Trompeta y otra tipo Trébol, con las cuales fue posible evidenciar los beneficios y la aplicabilidad de la metodología propuesta.

* Trabajo de grado para optar al título de Magister en Ingeniería Civil

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Hernán Porras Díaz, Ingeniero Civil M.Sc. Ph.D. Codirector: Omar Giovanni Sánchez Rivera, Ingeniero Civil M.Sc. Ph.D (c).

ABSTRACT

TITLE:

GEOMETRIC DESIGN OF ROAD INTERSECTIONS, BASED ON THE INTEGRATION OF: BIM, IPD AND LEAN CONSTRUCTION*

AUTHORS:

KAREN MILADY CASTAÑEDA PARRA**

KEYWORDS:

Road design, road intersections, building information modeling, lean construction, integrated project delivery

DESCRIPTION:

The geometric design process of road intersections has remained unchanged for several years, which is associated with problems that have remained over time, some examples are delays, cost overruns, design errors, quality problems, among others. New technologies and methodologies could improve the geometric road design process, such as BIM, IPD and Lean Construction, however, few studies have been focused on road projects, and on the contrary, many have been dedicated to building sector, where remarkable benefits have been observed. This research proposes a geometric design methodology for road intersections based on the integration of BIM, IPD and Lean Construction. The research method was composed by six main stages: 1) characterization of the traditional geometric design methodology, 2) BIM implementation, 3) Lean Construction implementation, 4) IPD implementation, 5) methodology characterization, and 6) methodology validation and calibration. The results show that the BIM implementation allows automating the design process, improving visualization, and creating a collaborative environment that makes it possible to detect design errors in the early stages of the project and promote the application of the IPD principles and the Lean Construction philosophy. For the methodology validation and calibration, the geometric design of a Trumpet-type intersection and Clover-type intersection are presented, with which it was possible to demonstrate the benefits and applicability of the proposed methodology.

* Graduate Project to obtain the degree of Master in Civil Engineering

** Department of Physical and Mechanical Engineering. Thesis advisor: Hernán Porras Díaz, Ingeniero Civil M.Sc. Ph.D. Thesis co-advisor Omar Giovanni Sánchez Rivera, Ingeniero Civil M.Sc. Ph.D (c)

Planteamiento y justificación del problema

La ausencia de infraestructura vial eficiente y moderna afecta, en gran medida, al crecimiento, la prosperidad y la competitividad de una sociedad (Yujie Lu, Qingbin Cui, Longquan Mao, 2011; Sözüer & Spang, 2012; Ramírez Muriel, 2016). Por tanto, se establece que la inversión en este tipo de infraestructura es fundamental para obtener prosperidad económica a nivel nacional o internacional (OECD, 2006; Gibson, Jr., Bingham, & Stogner, 2010; Yujie Lu, Qingbin Cui, Longquan Mao, 2011; Fedderke & Kaya, 2014; Luis Bañón Blázquez & Garcia, n.d.; Hall, Otto, Tran, Barr, & Alderson, 2014; Durango, 2016), cumplimiento de la seguridad pública (Yujie Lu, Qingbin Cui, Longquan Mao, 2011), aumento en la calidad de vida (Bernhardt & McNeil, 2008), impulso del crecimiento de las industrias (Gibson, Jr. et al., 2010; Yujie Lu, Qingbin Cui, Longquan Mao, 2011), mejora de la movilidad urbana y rural, entre otros (Sözüer & Spang, 2012). Un nuevo proyecto vial permite la estructuración física y organizacional de un territorio (Bradley, Li, Lark, & Dunn, 2016a; O.U Press, 2016), debido a que genera cambios en los espacios y agrega valor a los terrenos relacionados (; Hall et al., 2014; Rincón Avellaneda, 2016). Lo anterior, es un aspecto que guarda relación con la cantidad y calidad de la infraestructura vial disponible para promover el desarrollo de capital (Bradley et al., 2016a). Los proyectos de infraestructura parten de una necesidad social. No obstante, en el desarrollo es propicio acotar las entradas y las salidas, además de los objetivos a cumplir con la inversión. Por ende, es importante identificar el impacto general, tipo de inversión y alcance (Bernhardt & McNeil, 2008; Rincón Avellaneda, 2016).

De acuerdo a lo anterior, los proyectos viales requieren de grandes inversiones y de una gran diversidad de fuentes de financiamiento con el fin de obtener una consolidación exitosa (Yujie Lu, Qingbin Cui, Longquan Mao, 2011; Ramírez Muriel, 2016). Dichos requerimientos varían según el proyecto, puesto que cada uno se caracteriza por poseer un carácter único (Halfawy, 2008; Sözüer & Spang, 2012; Beach, Petri, Rezgui, & Rana, 2017). Es decir, cada plan vial se adecúa a un espacio determinado con exigencias específicas, en este sentido, sus elementos son genuinos, con características propias y diferentes a las de los demás proyectos. De ahí que se genere una alta variabilidad, propiciadora de incertidumbre en las diferentes actividades, por concepto de la dificultad para estandarizar y predecir el comportamiento de las variables que influyen en las diferentes etapas del proyecto, de modo que los proyectos viales son asociados a fenómenos de retrasos y sobrecostos. Lo anterior, se da en la medida que, durante el desarrollo de los proyectos, se presentan inconvenientes o situaciones que no se consideran durante la planeación, por tanto, y con el fin de culminar las actividades planteadas en el contrato, se solicitan prórrogas. En otras palabras, el retraso es el exceso de tiempo que presenta el proyecto respecto a su duración inicial (M. M. Marzouk & El-Rasas, 2014; Aziz & Abdel-Hakam, 2016). Por otro lado, el sobrecosto se refiere al costo adicional que presenta el proyecto con base en su presupuesto inicial, el cual está sujeto a cambios, actualizaciones o adicionales. Este fenómeno se presenta a nivel mundial, según lo evidenciado en los resultados de algunas investigaciones (Grigg & Asce, 1986; Chan & Kumaraswamy, 1997; Sambasivan & Soon, 2007; Doloi, Sawhney, Iyer, & Rentala, 2012; Ramanathan, Narayanan, & A.B. Idrus, 2012; M. M. Marzouk & El-Rasas, 2014; Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Al-Hazim, Salem, & Ahmad, 2017; Arditi, Nayak, & Damci, 2017), en donde se exponen magnitudes de sobrecostos entre 1% y 55% (Grigg & Asce, 1986; Morris, 1990; Ahsan & Gunawan, 2010; Doloi et al., 2012). Dichos porcentajes permiten vislumbrar las posibilidades

de fracaso que tienen los proyectos frente al incremento de valores durante el desarrollo del plan vial (Grigg & Asce, 1986; Sambasivan & Soon, 2007; Mohamed Abdelgawad, Fayek, & A.M.ASCE, 2010; Kaleem, Irfan, & Gabriel, 2014).

Los proyectos de construcción están compuestos por un conjunto de etapas que, al integrarse, forman el periodo denominado “ciclo de vida”; el cual abarca actividades que van desde la concepción hasta la demolición de la obra (Institute Project Management, 2017). En los proyectos viales se destacan las actividades de diseño que consisten en proponer y evaluar una alternativa que satisfaga las necesidades de la demanda futura y existente. Lo anterior, en aras de obtener un impacto mínimo en los siguientes ámbitos: económico, social, territorial, ambiental, etc (Luis Bañón Blázquez & Garcia, n.d.). En las actividades de diseño se procura el cumplimiento exitoso de los objetivos del proyecto con el fin de evitar variaciones en el presupuesto y cronograma previamente establecido (Kaleem et al., 2014). Por consiguiente, las actividades se desarrollan en etapas tempranas (Gibson, Jr. et al., 2010; M. Marzouk & Abdel Aty, 2012; Yeutter, 2012; Bradley et al., 2016a), con anterioridad al inicio de la etapa de construcción (Dirección de vías transporte y servicios públicos, 2012; Nahmens & Ikuma, 2012; Zhou et al., 2017). El tiempo requerido para realizar los procesos de diseño y aprobación de un proyecto vial depende del tipo y tamaño del mismo (Naumann, 2007; Sözüer & Spang, 2012). Estos requieren de la vinculación de varios participantes (Shim, Yun, & Song, 2011; Sözüer & Spang, 2012), en donde su intervención resulte fundamental para el soporte de la toma de decisiones (Brownjohn & Aktan, 2013).

A nivel mundial se desarrollan investigaciones que presentan evidencias sobre las recurrentes falencias en DPIV, este tipo de inconvenientes son catalogados como una de las principales causas de los fenómenos de retraso y sobre costo. En relación con los casos de retrasos en los proyectos viales se destacan las siguientes investigaciones: (Mansfield, Ugwu, & Doran, 1994; Yaw

Frimpong, Oluwoye, & Crawford, 2003; Koushki & Kartam, 2004; Enshassi, Al-Najjar, & Kumaraswamy, 2009; Olawale & Sun, 2010; Ibronke, Oladinrin, Adeniyi, & Eboreime, 2013; Sweis, 2013; Akogbe, Feng, & Zhou, 2013; Shehu, Endut, & Akintoye, 2014; Elawi, Algahtany, & Kashiwagi, 2016). Asimismo, para el caso de los sobrecostos se resalta las siguientes diez investigaciones: (Okpala & Aniekwu, 1988; Elinwa & Buba, 1993; Ghosh & Jintanapakanont, 2004; YaW Frimpong & Oluwoye, 2007; Memon, Rahman, Asmi, & Azis, 2011; Rahman, Memon, & Karim, 2013a; Rahman, Memon, & Karim, 2013b; Rosenfeld, 2013; Alzahrani & Emsley, 2013; Khodeir & Mohamed, 2015). Por tanto, resulta de gran importancia mitigar la posibilidad de ocurrencia de eventos de retraso y sobrecosto, partiendo de propuestas de mejora de los métodos de DPIV existentes. Se considera que los fenómenos de retraso y sobrecosto son universales, es decir, se presentan a nivel mundial tanto en países desarrollados como en países que se encuentran en vía de desarrollo (Harris & F.C., 1986; Kaming, Olomolaiye, Holt, & Harris, 1997; Odeyinka & Yusif, 1997; Akinci & Fischer, 1998; Al-Khalil & Al-Ghafly, 1999; Odeh & Battaineh, 2001; Sambasivan & Soon, 2007; Le-Hoi, Lee, & Lee, 2008; Al-Kharashi & Skitmore, 2009; Kaliba, Muya, & Mumba, 2009; Singh, 2010; (Orangi, Palaneeswaran, & Wilson, 2011; Sözüer & Spang, 2012; Doloi, Sawhney, Iyer, & Rentala, 2012; M. MZZ. Marzouk & El-Rasas, 2014; Kaleem et al., 2014; Adam, Josephson, & Lindahl, 2015; Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Larsen, Shen, Lindhard, & Brunoe, 2016; Al-Hazim et al., 2017; Arditi et al., 2017).

Las actividades de diseño de proyectos de infraestructura vial (DPIV) carecen de apoyo de herramientas automatizadas, métodos y modelos que permitan suplir la totalidad de los requerimientos actuales o futuros del proyecto (Hall et al., 2014; Shou, Wang, & Wang, 2014), esto sustentado en las necesidades de los proyectos de construcción relacionadas con gestión, almacenamiento, generación y comunicación de grandes volúmenes de información (Halfawy,

2008; El Diraby, 2010; Sözüer & Spang, 2012; Beach et al., 2017) aspectos que propician la necesidad de explorar nuevas metodologías basadas en herramientas tecnológicas emergentes, de tal manera que sea posible automatizar los procesos y, por ende, mejorar las actividades de toma de decisiones (Halfawy, 2008; Shou et al., 2014). Conviene destacar que en los últimos años se han observado un número significativo de investigaciones enfocadas en la mejora de los procesos de DPIV (Yujie Lu, Qingbin Cui, Longquan Mao, 2011).

Una de las herramientas tecnológicas emergentes que pueden contribuir al mejoramiento de los procesos de DPIV es el software Building Information Modeling (BIM). BIM es una tecnología transformativa de información (Sacks, Koskela, Dave, & Owen, 2010) que consiste en herramientas y procesos, a partir de la formación y agrupación de modelos virtuales por medio de los cuales es posible realizar una representación visual de los diferentes elementos y componentes que conforman un proyecto (Sacks, Eastman, & Lee, 2004; Sacks et al., 2010; Li et al., 2014; Shou et al., 2014; Bradley et al., 2016a; Zhou et al., 2017). Esta representación e integración de información aumenta la comprensión de los diferentes participantes sobre el proyecto. De ahí que la implementación de BIM, en el diseño de proyectos viales, se convierta en una herramienta ideal, debido a que facilita los procesos de evaluación, optimización y diseño, (Sacks et al., 2004; National Institute of Building Sciences, 2007; Strafaci, 2008; Sacks et al., 2010; Shou et al., 2014; Li et al., 2014; Fanning et al., 2015; Bradley et al., 2016a; Zhou et al., 2017), lo que permite una mejora considerable en la toma de decisiones que es realizada de manera colaborativa entre los distintos profesionales involucrados (Strafaci, 2008; Yeutter, 2012; Shou et al., 2014; Fanning et al., 2015; Rezgui, Beach, Rana, & Li, 2016; Bradley et al., 2016a). Ello permite la mitigación de errores o cambios en la etapa de construcción y el aumento de la viabilidad (National Institute of Building Sciences, 2007; Strafaci, 2008; Yeutter, 2012; Fanning et al., 2015; Bradley et al., 2016a).

BIM es una herramienta con gran demanda y desarrollo en el área de edificaciones (Fanning et al., 2015). Sin embargo, la investigación y documentación de la aplicación de BIM en proyectos viales es escasa (Shou et al., 2014; Fanning et al., 2015), por ello, el empleo de BIM, en el área de infraestructura vial, es considerado como una nueva tecnología (Sierra & Aristizábal, 2012; Ilozor & Kelly, 2012). En efecto, los proyectos viales que utilizan el modelado BIM presentan un alto potencial de aplicabilidad en las etapas de planificación y diseño, de forma tal que propician la reducción o mitigación de retrasos y sobrecostos (Sacks et al., 2010; M. Marzouk & Abdel Aty, 2012; Shou et al., 2014; Beach et al., 2017); además, aumentan la sostenibilidad en el tiempo de los proyectos (Fanning et al., 2015). Por consiguiente, la representación tridimensional posibilita concebir el proyecto en su totalidad, además de minimizar el impacto ambiental, obtener mayor control y calidad del proyecto, aumentar la relación costo-beneficio (M. Marzouk & Abdel Aty, 2012; Dirección de vías transporte y servicios públicos, 2012; Nahmens & Ikuma, 2012; Fanning et al., 2015; Zhou et al., 2017), promover el trabajo colaborativo (Heikkila, Liukas, & Karjalainen, 2013; Shou et al., 2014; Bradley et al., 2016a), automatizar modificaciones y cambios (Beach et al., 2017), entre otros beneficios. Así, la implementación de BIM permite la realización de actividades en tiempos y esfuerzos reducidos (Strafaci, 2008; Yeutter, 2012; Fanning et al., 2015) mediante la optimización de tiempos de administración y ejecución del proyecto (Sacks et al., 2010; M. Marzouk & Abdel Aty, 2012).

Aunque BIM puede usarse de forma individual, sus beneficios son más provechosos y mejorados con la integración de métodos de entrega que aprovechan los beneficios obtenidos de su implementación (Computer Integrated Construction Research Program, 2010). Los siguientes son algunos métodos de entrega de proyectos de construcción: Método tradicional, Método de Diseño/Construcción, Método Dueño y Constructor, Método de Administración de Construcción

e Integrate Project delivery (IPD) (Computer Integrated Construction Research Program, 2010; Church Architecture, 2011); en los cuales se destaca el modelo IPD que propone la unificación de cliente, diseñador, constructor, proveedor, estructuras de negocios y prácticas. En este sentido, IPD promueve el trabajo colaborativo y el entendimiento del proyecto hacia los diferentes participantes, por lo que la aplicación de esta metodología se enfoca en la eliminación o reducción de interferencias y desperdicios, a partir de la optimización de todas las etapas del proyecto durante su desarrollo (American Institute of Architects and AIA California & Council, 2007; Yeutter, 2012; Ilozor & Kelly, 2012; Hernán, Sánchez, & Galvis, 2014; Yuri & Pila, 2016; Kahvandi, Saghatforoush, Alinezhad, & Noghli, 2017).

El éxito de la aplicación de BIM requiere que el equipo de trabajo adscrito al proyecto realice una planificación detallada, completa y de forma colaborativa desde etapas tempranas, por lo que se demanda la integración de los distintos participantes (Computer Integrated Construction Research Program, 2010); aspecto que resulta compatible con los principios del modelo IPD, los cuales se fundamentan en un flujo de trabajo colaborativo. IPD puede trabajar de forma conjunta con la herramienta BIM y generar un aumento de sus beneficios (American Institute of Architects and AIA California & Council, 2007; Ilozor & Kelly, 2012) . Además promueve la intervención temprana de participantes, sistemas y recursos, elementos que se complementan con los principios BIM, los cuales facilitan la comunicación y el entendimiento de la información del proyecto, permitiendo cumplir los objetivos propuestos (Yeutter, 2012). Cabe resaltar que es posible lograr el IPD sin el BIM, pero BIM es esencial para lograr la eficiencia de la colaboración requerida por el IPD (American Institute of Architects and AIA California Council, 2007), debido a que el acoplamiento de BIM con IPD permite un nivel de cooperación que no solo mejora la eficiencia y

reduce los errores, sino que también permite explorar enfoques alternativos y expansiones de oportunidades de mercado (Ilozor & Kelly, 2012).

Con respecto al modelo IPD, este acude a los conceptos fundamentales de la filosofía de reducción de pérdidas Lean Construction (LC) la cual consiste en obtener más eficiencia y productividad, a partir de la eliminación de los desperdicios del proyecto (Koskela & Howell, 2002; Hyatt, 2014; A. H. Fakhimi, Sardroud, & Azhar, 2016). LC es visto como un pensamiento generador de herramientas que permiten agregar valor a las actividades o fases del proyecto y, por ende, al proyecto en general (Hernán et al., 2014; Hyatt, 2014). Por este motivo, su integración en la industria de la construcción ha venido aumentando con el tiempo (Alves, Milberg, & Walsh, 2012; Hyatt, 2014).

Por otro lado, en los proyectos viales se destacan las intersecciones, que consisten en la unión o el cruce de dos o más carreteras compuestas por un conjunto de vías que generan intercambios de diferentes trayectorias, su función principal es permitir el cambio de ruta de los vehículos (Hanger Brustlin, 2006; Instituto Nacional de Invias, 2008; Díaz Vargas, 2009; García, Osiris, Bencomo, Alberto, & Esparza, 2010; Dirección de vías transporte y servicios públicos, 2012; Sierra & Aristizábal, 2012). No obstante, a pesar de la importancia de los proyectos de intersecciones viales, estos se caracterizan por presentar cambios y errores de diseño detectados durante la etapa de construcción. Dichos inconvenientes pueden ser evitados y mitigados desde la etapa de diseño del proyecto (Josephson, Larsson, & Li, 2002; Günhan, Arditi, & Doyle, 2007; Chien-Ho & Neng-Fu, 2014). La integración de: BIM, IPD y LC tiene el potencial para mejorar el diseño de las intersecciones viales, teniendo en cuenta que estos proyectos se caracterizan por integrar un número significativo de participantes con diferentes experiencias y conocimientos, para lo cual se requieren modelos de trabajo colaborativo como el IPD y filosofías como LC, con el fin

de mitigar y prevenir eventos de retraso y sobre costo. Por otra parte, este tipo de proyectos involucran un gran volumen de información que requiere de tecnologías como BIM para su almacenamiento y gestión.

En la literatura de investigación se observa un número reducido de investigaciones enfocadas en la integración de BIM, IPD y LC, dentro de las investigaciones más destacadas por la implementación de estos sistemas se encuentran: (Jalaei & Jrade, 2014) describe una iniciativa para implementar y promover el conocimiento con el objetivo de direccionar a los profesionales de la arquitectura y la ingeniería a nuevos escenarios, a través de la implementación de BIM y IPD; por otro lado, (Pommer, Horman, Messner, & Riley, 2010) busca la obtención de beneficios sumados entre estrategias verdes, principios de LC y BIM, durante la programación y etapas tempranas de diseño del proyecto. También se encuentra (Glick & Guggemos, 2009) que explora la idea de la elevación de las agencias reguladoras a la categoría de los principales participantes. (Rowlinson, 2017) realiza una revisión del desarrollo de BIM y IPD en los últimos años y los cambios que requieren; asimismo, (Chang, Pan, & Howard, 2017) estudia el grado de afectación positiva que tiene BIM con IPD a futuro, dado que se presenta la necesidad de incentivar la cadena de suministro a partir del uso de la capacidad de BIM para mejorar la comunicación; (Chunyan MA, 2014) analiza la implementación de las tecnologías BIM en los proyectos de construcción con base en IPD; además, (Duque Carmona, 2014) analiza las propiedades y características del trabajo conjunto de BIM y IPD aplicadas a la gestión de manera teórica. En contraste, (A. H. Fakhimi et al., 2016) investiga si LC, IPD y BIM pueden trabajar de manera complementaria y sinérgica, para finalmente extraer los beneficios y cambios de su colaboración; (Manning, 2012) examina algunos cambios, beneficios y riesgos presentados al implementar BIM y IPD.

Finalmente, (Azhar, Kang, Asce, Ahmad, & Asce, 2014) examina las relaciones de integración entre IPD y BIM aplicadas en el sector público de la construcción.

De acuerdo a lo anterior, se evidencia una gran viabilidad en la integración de BIM, IPD y LC a las actividades de DPIV, por ello este trabajo propone abordar la siguiente pregunta investigativa: ¿Cómo realizar el diseño de una intersección vial a desnivel, a partir de la integración de la tecnología BIM, la metodología IPD y la filosofía Lean Construction, de tal forma que se mitiguen cambios y errores de diseño?

Objetivos

1.1 Pregunta de investigación

¿Cómo realizar el diseño de una intersección vial a desnivel, a partir de la integración de la tecnología BIM, la metodología IPD y la filosofía Lean Construction de tal forma que se mitiguen cambios y errores de diseño?

1.2 Objetivo general

Proponer una metodología para el diseño de intersecciones viales a desnivel, correspondientes a vías urbanas primarias, a partir de la integración de la tecnología BIM, la metodología IPD y la filosofía Lean Construction de tal forma que se mitiguen cambios y errores de diseño.

1.3 Objetivos específicos

Identificar los procesos y productos necesarios para elaborar el diseño de una intersección vial a desnivel.

Detallar la interacción entre la tecnología BIM, la metodología IPD y la filosofía Lean Construction para la ejecución de los procesos identificados, necesarios para el diseño de una intersección a desnivel.

Describir el funcionamiento de una metodología para el diseño de una intersección vial a desnivel, a partir de la integración de la tecnología BIM, la metodología IPD y la filosofía Lean Construction, de tal forma que se mitiguen cambios y errores de diseño.

Fundamentación teórica

1.4 Diseño vial

Los proyectos de infraestructura vial se caracterizan por la individualidad, respecto a especificaciones, requerimientos y condiciones de localización (Sözüer & Spang, 2012; Shou et al., 2014; Beach et al., 2017). Su conformación, en términos de proyecto vial, requiere de un diseño geométrico que hace parte del conjunto de actividades y estudios preliminares, necesarios para el diseño final (Instituto Nacional de Invias, 2008). Gracias a su conformación se logra la comunicación y la movilización de pasajeros o de carga (Instituto Nacional de Invias, 2008; Luis Bañon Blázquez & Garcia, n.d.; Bravo, 1976), lo cual fomenta el crecimiento de la economía, el mejoramiento de la calidad de vida (Pérez, 2005; Instituto Nacional de Invias, 2008; Sözüer & Spang, 2012; Durango, 2016) y el desarrollo en sociedad (Luis Bañon Blázquez & Garcia, n.d.).

En consecuencia, la construcción de infraestructura vial requiere de inversiones importantes (Instituto Nacional de Invias, 2008; Yujie Lu, Qingbin Cui, Longquan Mao, 2011; Ramírez Muriel, 2016) y su materialización se ve reflejada por una necesidad social, que se sustenta en la búsqueda de adquirir ahorros en términos de transporte o movilización (Instituto Nacional de Invias, 2008). Por lo anterior, para el diseño de una carretera se debe contemplar la viabilidad económica y la funcionalidad, por medio de las siguientes fases, referidas en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS:

- *Fase I Pre-factibilidad:* en este momento se realiza el estudio de las posibles rutas existentes, para generar el trazado preliminar del proyecto vial. Mediante el apoyo de documentación económica e histórica, de proyectos con condiciones similares, se realiza una evaluación económica preliminar del proyecto, de manera que se establezca la viabilidad, por medio de relación costo/beneficio u otra que contemple la norma. Esta viabilidad definirá que se archive el proyecto o que se permita su continuidad en el desarrollo de la siguiente fase.
- *Fase II Factibilidad:* a partir del diseño preliminar, propuesto y aprobado en la *fase I*, se inicia el desarrollo del diseño definitivo del eje vial, mediante la contemplación de todas las estructuras complementarias al diseño geométrico. Lo anterior, con el fin de realizar la evaluación económica final, en aras de definir su rentabilidad, esta permite la continuación a la siguiente fase y su ejecución.
- *Fase III Diseños definitivos:* esta etapa refiere la finalización del esquema, dado que se genera un diseño detallado y preciso, que contiene las propiedades generales del proyecto.

1.5 Intersecciones viales

Una intersección vial hace referencia a la unión o cruce de dos o más carreteras (ver Figura 1), la cual está compuesta por un conjunto de calzadas que generan intercambios de diferentes trayectorias, cuya función principal es permitir el cambio de ruta de los vehículos (Hanger Brustlin, 2006; Instituto Nacional de Invias, 2008; Díaz Vargas, 2009; García et al., 2010; Dirección de vías transporte y servicios públicos, 2012; Sierra & Aristizábal, 2012). Así, las calzadas primarias y secundarias que hacen parte de una intersección vial pueden disponerse a nivel o desnivel de la

mallla vial existente, generando dos tipos principales de intersección vial: intersecciones a nivel e intersecciones a desnivel (Instituto Nacional de Invias, 2008). Dentro de las intersecciones a nivel se encuentran: canalizadas, no canalizadas y tipo glorieta. Por otro lado, las intersecciones a desnivel suelen ser del tipo: corneta, trébol, rotonda a desnivel, diamante divergente, entre otras. Ambos tipos de intersecciones requieren diferentes procesos de diseño geométrico que se desarrollan en las fases de: 1) Pre-factibilidad, 2) Factibilidad, y 3) Diseños Definitivos.

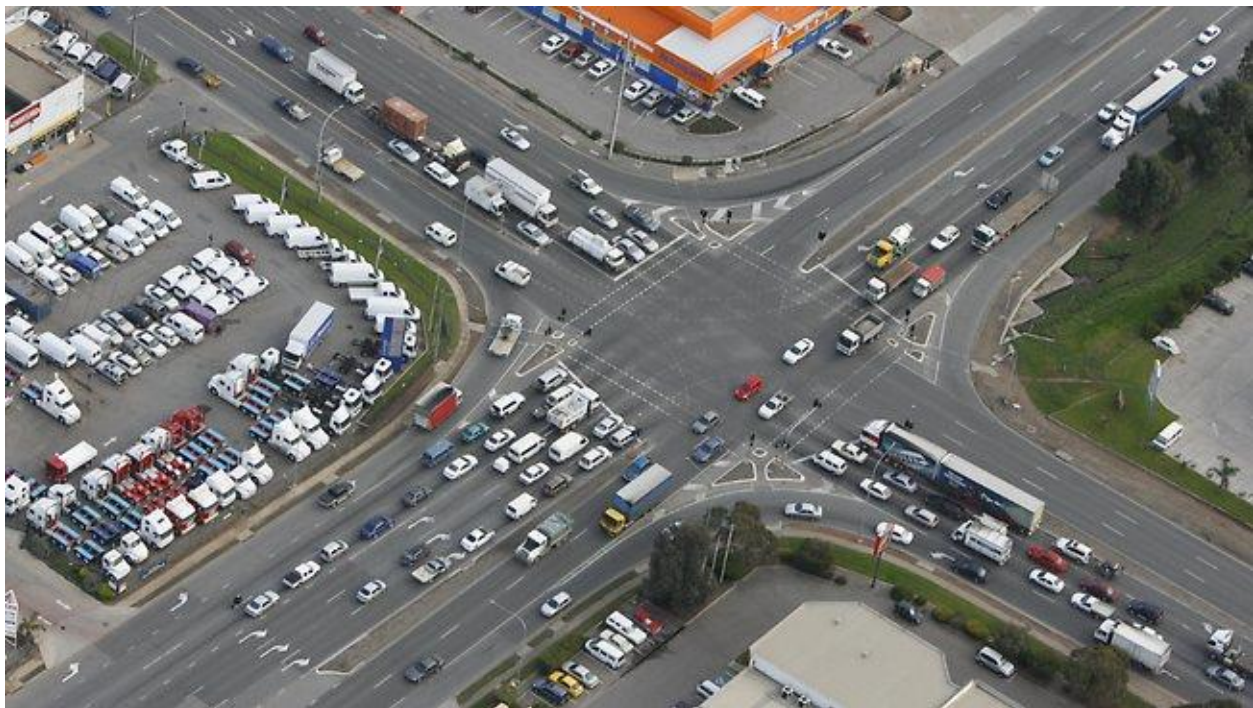


Figura 1. Intersección vial. Retrieved from <https://leankit.com/wp-content/uploads/2014/07/020087-grand-junction.jpg>

La decisión del tipo de intersección a seleccionar y construir debe ser asumida con cautela, y depende de diferentes factores entre los cuales se encuentran: requerimientos de funcionalidad, costos de construcción, afectación al medio ambiente, topografía, geometría, legislaciones

urbanísticas, flujos y direcciones vehiculares, volúmenes de tráfico, áreas disponibles, entre otros (Instituto Nacional de Invias, 2008; Sierra & Aristizábal, 2012)

Relacionado al diseño geométrico de las intersecciones viales, el Manual de Diseño Geométrico del INVIA (Instituto Nacional de Invias, 2008) presenta cuatro secuencias principales que son: 1) estudio de tránsito y análisis de la situación existente, 2) formulación y evaluación de alternativas de diseño, 3) selección de la alternativa y 4) diseño definitivo de la solución adoptada. Secuencias vinculadas a un conjunto de criterios generales diseño, entre los más importantes se encuentran:

- *Priorización de los movimientos*: donde se deben priorizar los movimientos de las calzadas principales sobre las calzadas secundarias.
- *Consistencia con los volúmenes de tránsito*: debe existir consistencia entre el tamaño de la solución propuesta y la magnitud de los volúmenes de tránsito que circularan en la etapa de operación del proyecto.
- *Sencillez y claridad*: las características de la intersección no deben ser demasiado complicadas para los conductores, lo cual está relacionado con el hecho de no condicionar el conductor a movimientos molestos o recorridos considerablemente largos.
- *Separación de los movimientos*: se debe procurar analizar en el estudio de tránsito todos los tipos de movimientos que se presentan y los que son requeridos en la intersección, esto con la finalidad de obtener parámetros de diseño para la formulación de alternativas de diseño, procurando evitar áreas que promuevan una operación errática por parte de los conductores.

- *Visibilidad*: la velocidad de diseño y operación de la intersección debe limitarse en función de las distancias de visibilidad, y en caso de ser necesario contemplar la detención total del flujo vehicular.
- *Perpendicularidad de las trayectorias*: se debe procurar la perpendicularidad de trayectorias en intersecciones, tomando en consideración que los ángulos rectos disminuyen las áreas de conflicto, lo cual conlleva a una mitigación de los posibles choques y al mejoramiento de la maniobrabilidad.
- *Previsión*: la construcción de proyectos de intersección vial requiere la disponibilidad de áreas significativas de terreno, por lo que se debe procurar tener previsión al autorizar la construcción de edificaciones e instalaciones el margen de la carretera.

1.5.1 Intersecciones a nivel

Las intersecciones viales a nivel están compuestas por calzadas que se entrecruzan al mismo nivel de la malla vial existente. Dentro de los criterios básicos del diseño geométrico de intersecciones a nivel recomendados por el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008) se encuentran:

- El valor del ángulo de entrada (α) se debe encontrar en el rango entre 60° y 90° .
- El valor del Radio mínimo de las curvas dispuestas debe satisfacer el Radio mínimo del vehículo de diseño.
- La pendiente longitudinal máxima de las calzadas es de 4% con la finalidad de facilitar el arranque de los vehículos que deben detenerse para acceder a la calzada principal.

- A excepción que la intersección este localizada en un terreno plano el diseño debe procurar el diseño de una curva vertical en la calzada secundaria de tal manera que el PTV (punto de terminación de la curva vertical) coincida con el borde la calzada principal, y dicha curva posea una longitud superior a 30 m.
- En la intersección se deben satisfacer las distancias de cruce D_c , según las velocidades de diseño de los corredores.

1.5.1.1 Intersecciones no canalizadas

Las intersecciones viales a nivel no canalizadas en “T” o en “X” son de las más utilizadas tanto en áreas urbanas como rurales, por sus características requieren la disposición de señales de “PARE” que pueden requerir la disposición de semáforos con fases acordes al tráfico de la intersección (ver Figuras 2 y 3). Uno de los beneficios de este tipo de intersección está relacionado con el bajo costo económico requerido para su construcción. Mientras que su principal desventaja está relacionada a problemas de congestión vial relacionados con altos volúmenes de tráfico.

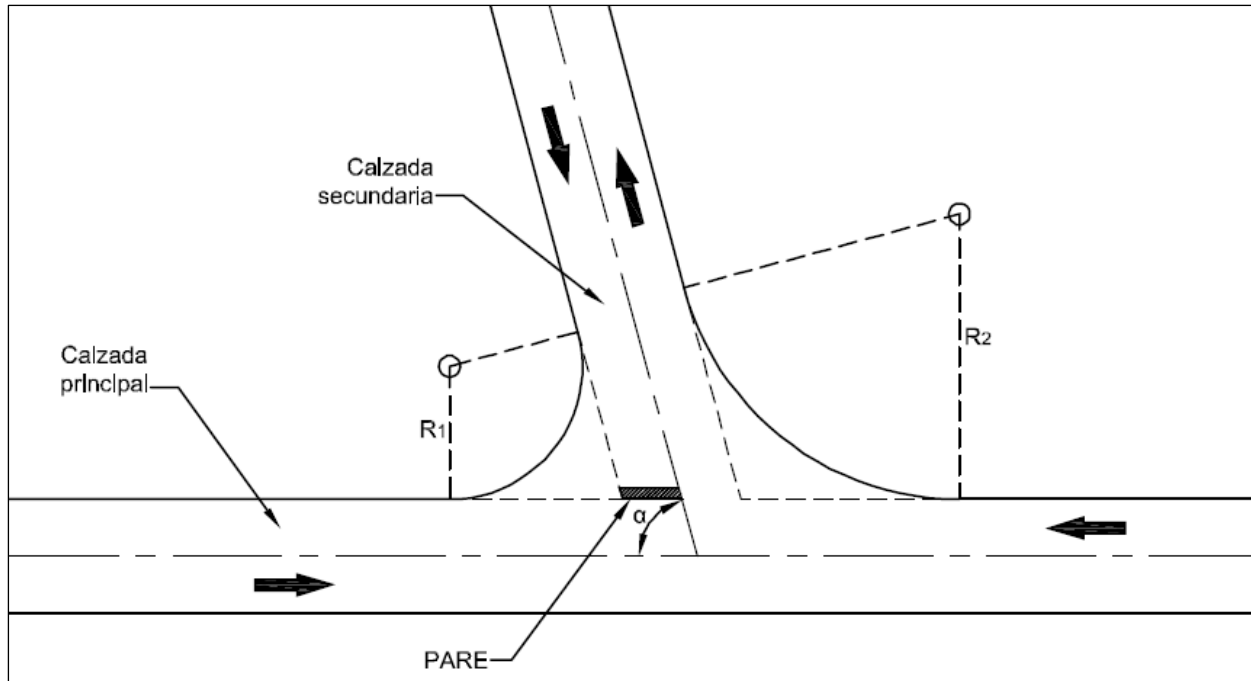


Figura 2. Esquema de intersección no canalizada a nivel en T. Tomado del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008)

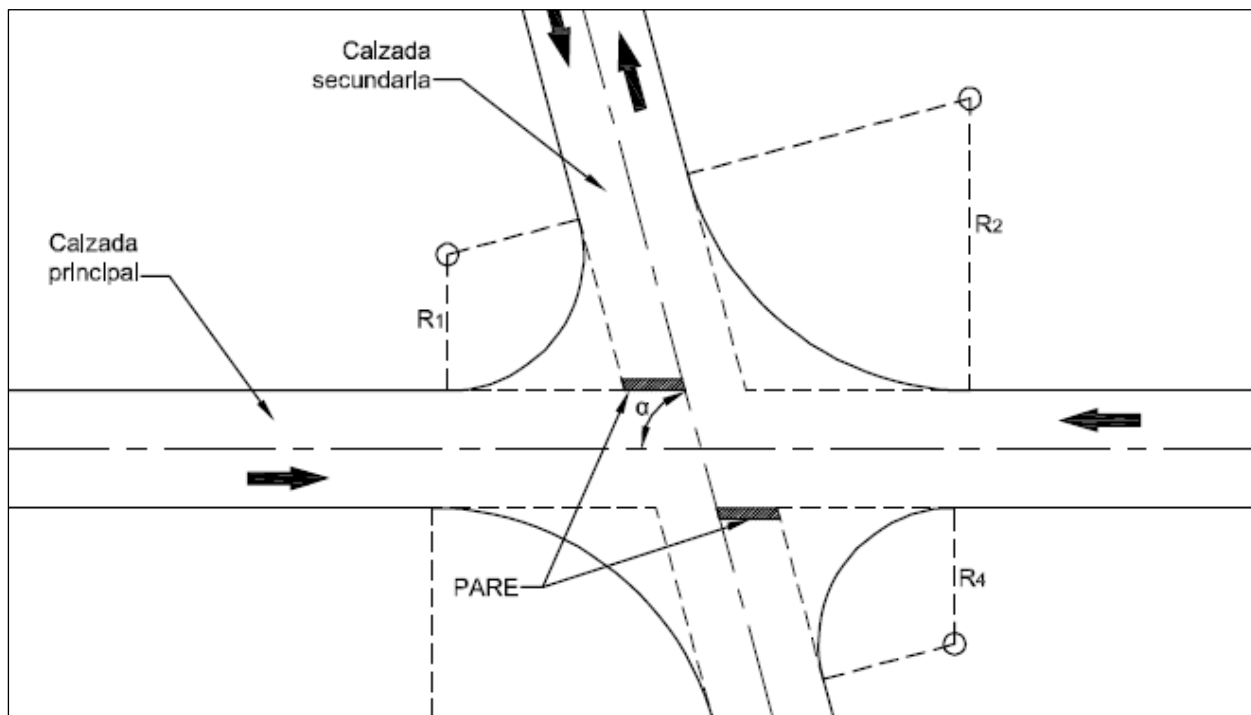


Figura 3. Esquema de intersección no canalizada a nivel en X. Tomado del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008)

1.5.1.2 Intersecciones canalizadas

Las intersecciones viales canalizadas a nivel parten del esquema de las no canalizadas para agregar un conjunto de canales exclusivos de giro con la finalidad de aumentar la capacidad de la intersección para movilizar volúmenes de tráfico evitando la detención de los vehículos en algunos giros (ver Figuras 4 y 5), lo cual se obtiene a través de la disposición de ramales de entrada y salida al igual que carriles de aceleración y desaceleración. Este tipo de intersecciones puede requerir semáforos y resultan aptas para el mejoramiento de intersecciones no canalizadas existentes. Al igual que las intersecciones no canalizadas presentan la ventaja del bajo costo de construcción, sin embargo, requieren mayores áreas de terreno. Otro de los beneficios, para algunos casos específicos, es la posibilidad del desarrollo paisajístico en las isletas separadores, aspecto que beneficiaría la arquitectura del entorno.

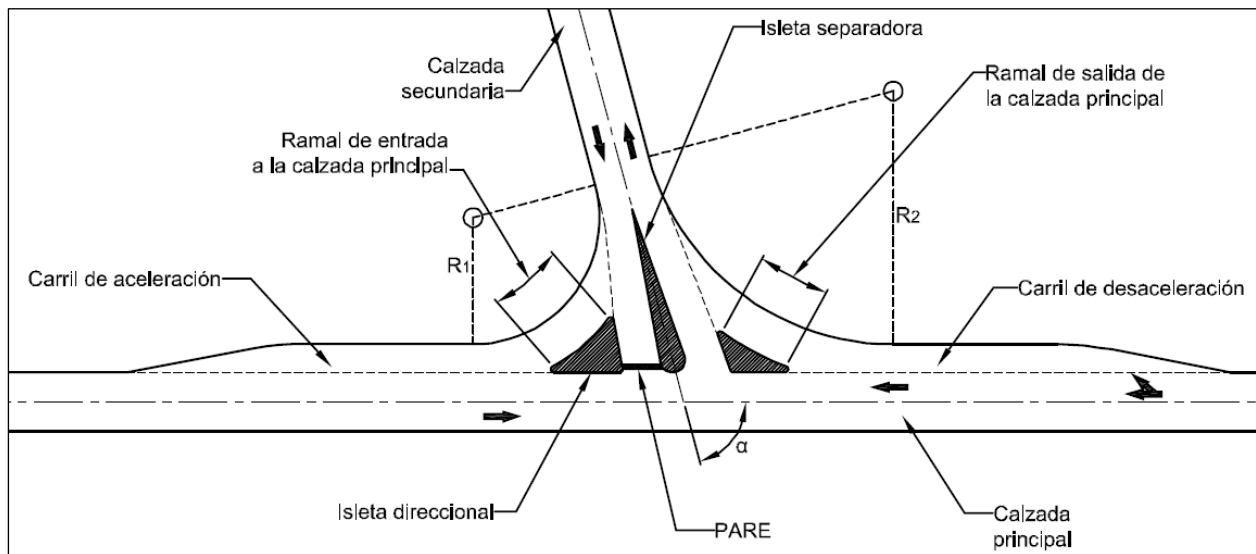


Figura 4. Esquema de intersección canalizada a nivel en T. Tomado del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008)

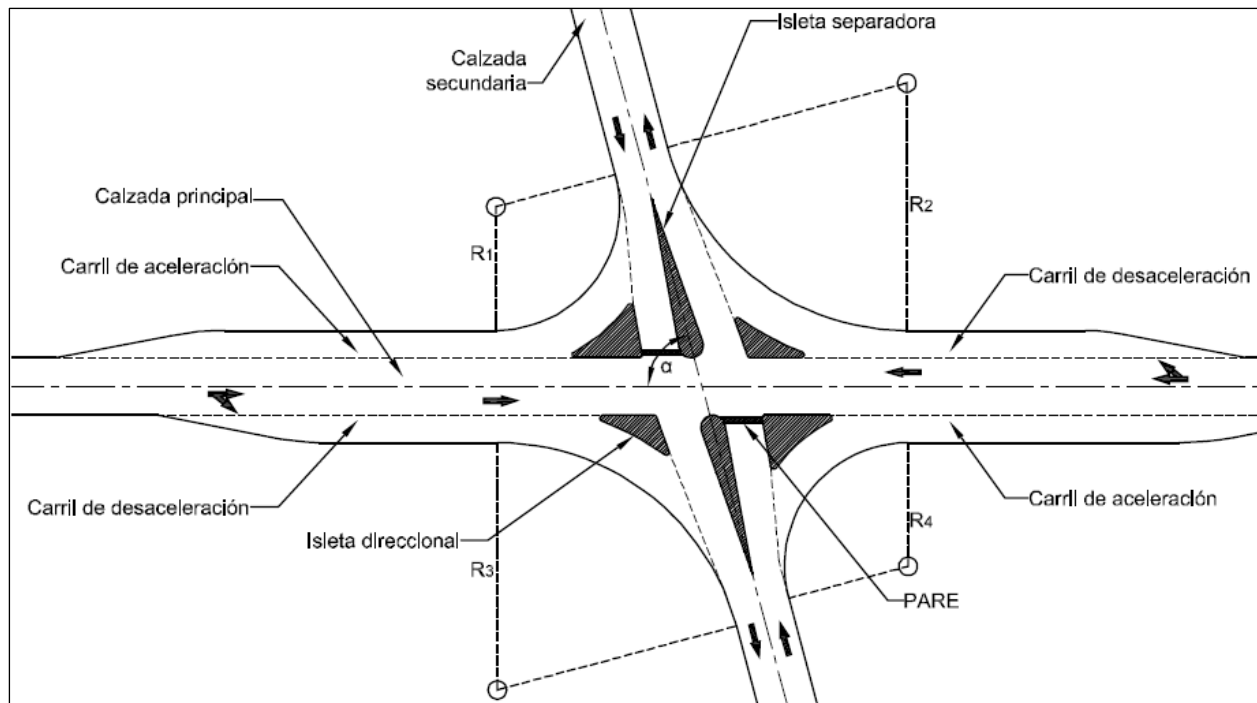


Figura 5. Esquema de intersección canalizada a nivel en X. Tomado del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008)

1.5.1.1 Intersección tipo glorieta a nivel

La intersección tipo glorieta se caracteriza por que los accesos al sistema confluyen en un anillo en el cual la circulación de los vehículos es realizada en una calzada que bordea una isleta central, este tipo de intersección es ampliamente usada en diferentes países del mundo y presenta una relación costo – beneficio bastante atractivo para la solución de cuestiones de congestión en entrecruzamientos. Al igual que otro tipo de intersecciones, la intersección tipo glorieta presenta notables ventajas en cuanto a las posibilidades de desarrollo urbanístico en las isletas centrales.

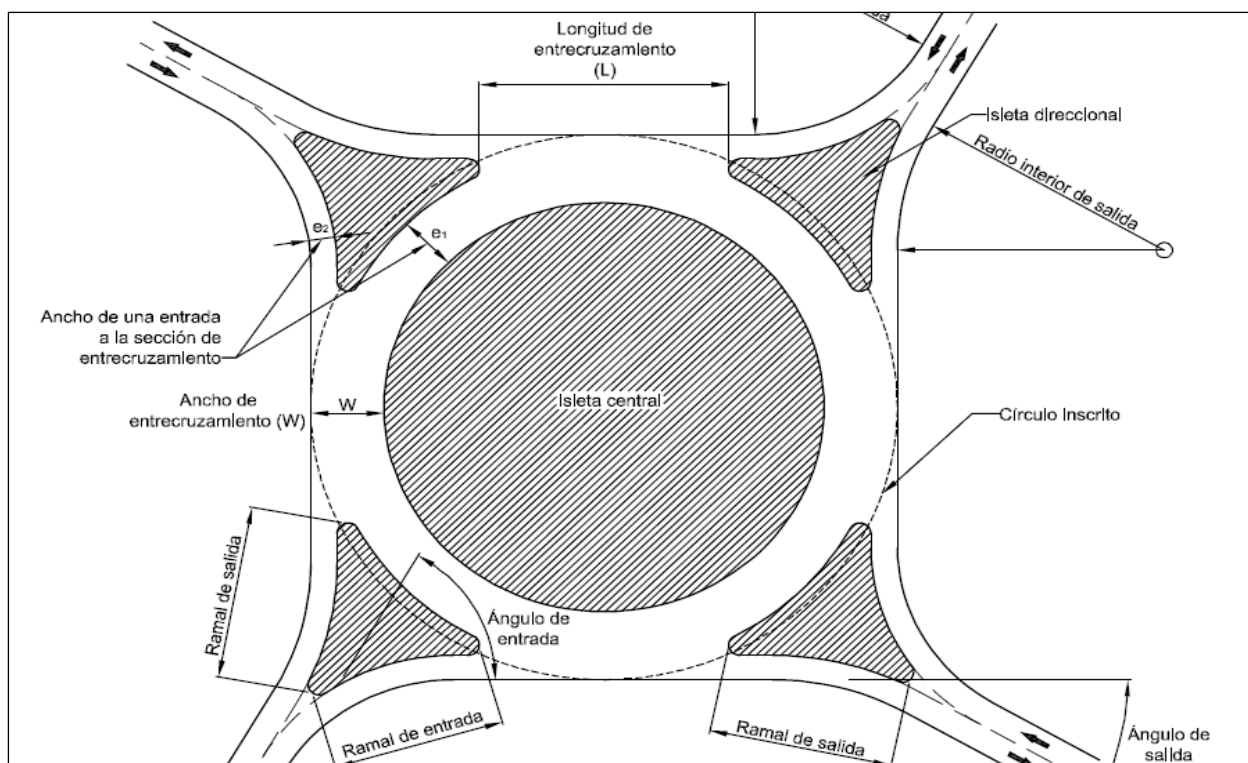


Figura 6. Esquema de intersección tipo glorieta a nivel. Tomado del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008)

1.5.2 Intersecciones a desnivel

Este tipo de intersecciones consisten en una configuración de corredores viales que se intersectan mediante pasos a desnivel de la malla vial existente, los cuales pueden disponerse como pasos deprimidos o elevados. Las intersecciones a desnivel son planificadas y construidas para aumentar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones cruciales para la movilidad caracterizadas por altos volúmenes de tránsito, las cuales pueden estar ubicadas en entornos rurales o urbanos. A pesar de los evidentes beneficios de este tipo de proyectos, la decisión para su desarrollo debe ser tomada con cuidado, ya que el diseño, planificación, construcción, operación y mantenimiento requieren considerables esfuerzos e inversiones económicas. De acuerdo con el Manual de Diseño

Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008) las principales cuestiones a tener en cuenta en el diseño geométrico de una intersección a desnivel son:

- Estudio de ingeniería del tránsito: diagramas de flujo vehicular, intensidad, composición vehicular, automóviles directos equivalentes, factor de hora de máxima de demanda (FHMD), proyecciones al año meta, análisis de capacidad.
- Diseño geométrico de calzadas primarias y secundarias que incluye diseños: horizontal, vertical, sección transversal, peraltes, otros.
- Diseño de secciones de entrecruzamiento.
- Diseño de los ramales de enlace.
- Diseño de segmentos centrales de los ramales de enlace.
- Diseño de carriles de cambio de velocidad.

1.5.2.1 Intersección tipo trompeta

La intersección tipo trompeta suele ser utilizada en la interconexión de carreteras principales con carreteras transversales, consta de 3 ramales de enlace dispuestos como se muestra en la Figura 7 y pueden incluir carriles de aceleración y desaceleración. Una de las principales características consiste en que la conexión de los corredores viales primario y secundario se realiza sin involucrar señales de “PARE” o pasos semaforizados, aspecto que resulta ideal en la solución de intersecciones a nivel en T caracterizadas por problemas de congestión vial. Este tipo de intersección está clasificada en el grupo de intersecciones a desnivel considerando que el paso de la calzada secundaria en la calzada primaria se da mediante un paso elevado o deprimido.

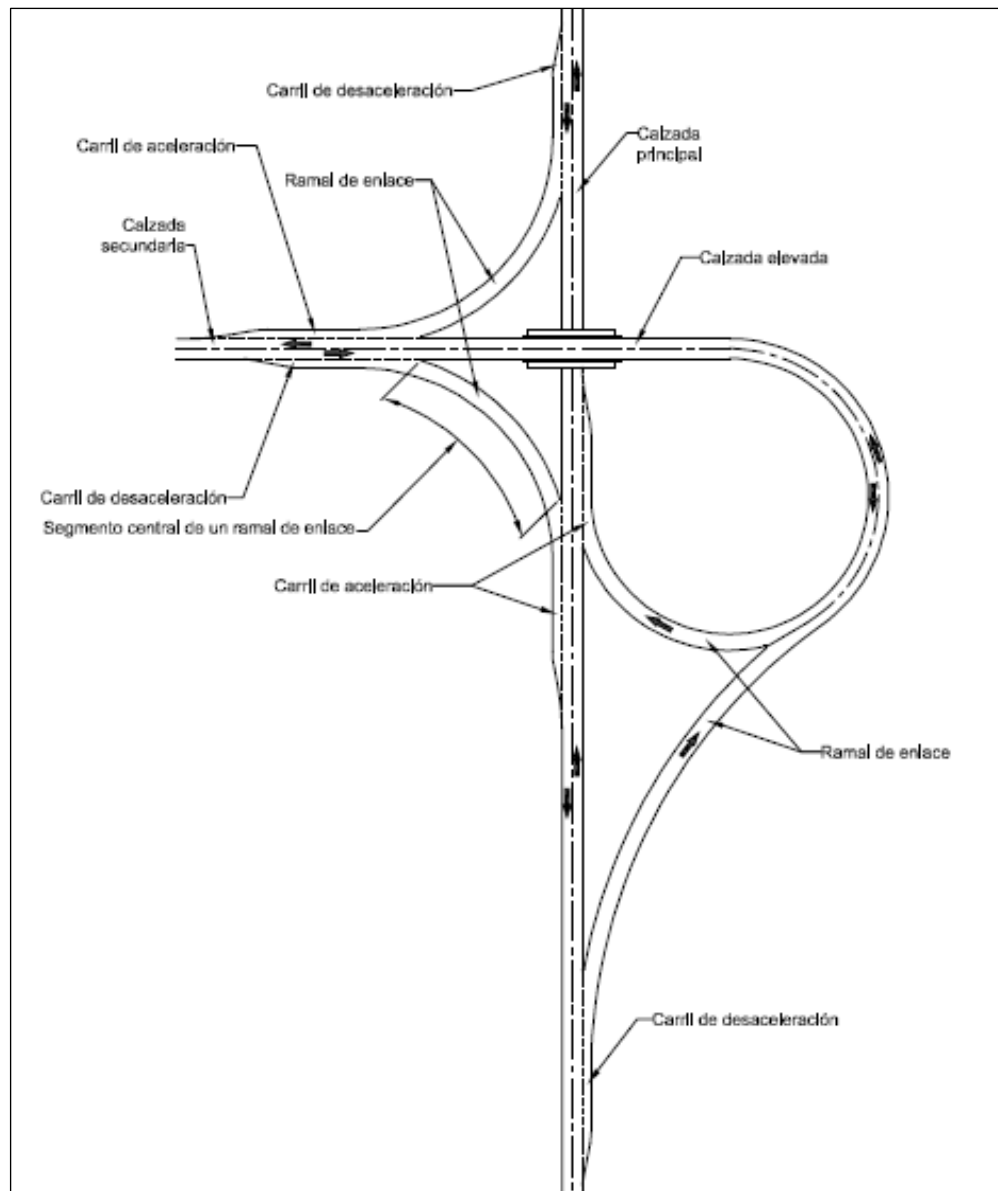


Figura 7. Esquema de intersección a desnivel tipo trompeta. Tomado del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008)

1.5.2.1 Intersección tipo trébol

Una intersección muy similar a la intersección tipo corneta, la diferencia más significativa se fundamenta en el hecho que posee un ramal de enlace adicional (ver Figura 8). Tanto la intersección tipo trébol como corneta se caracterizan por requerir grandes áreas de terreno, aspecto

relacionado al valor alto de los radios de curvatura requeridos para garantizar velocidades de operación elevadas.

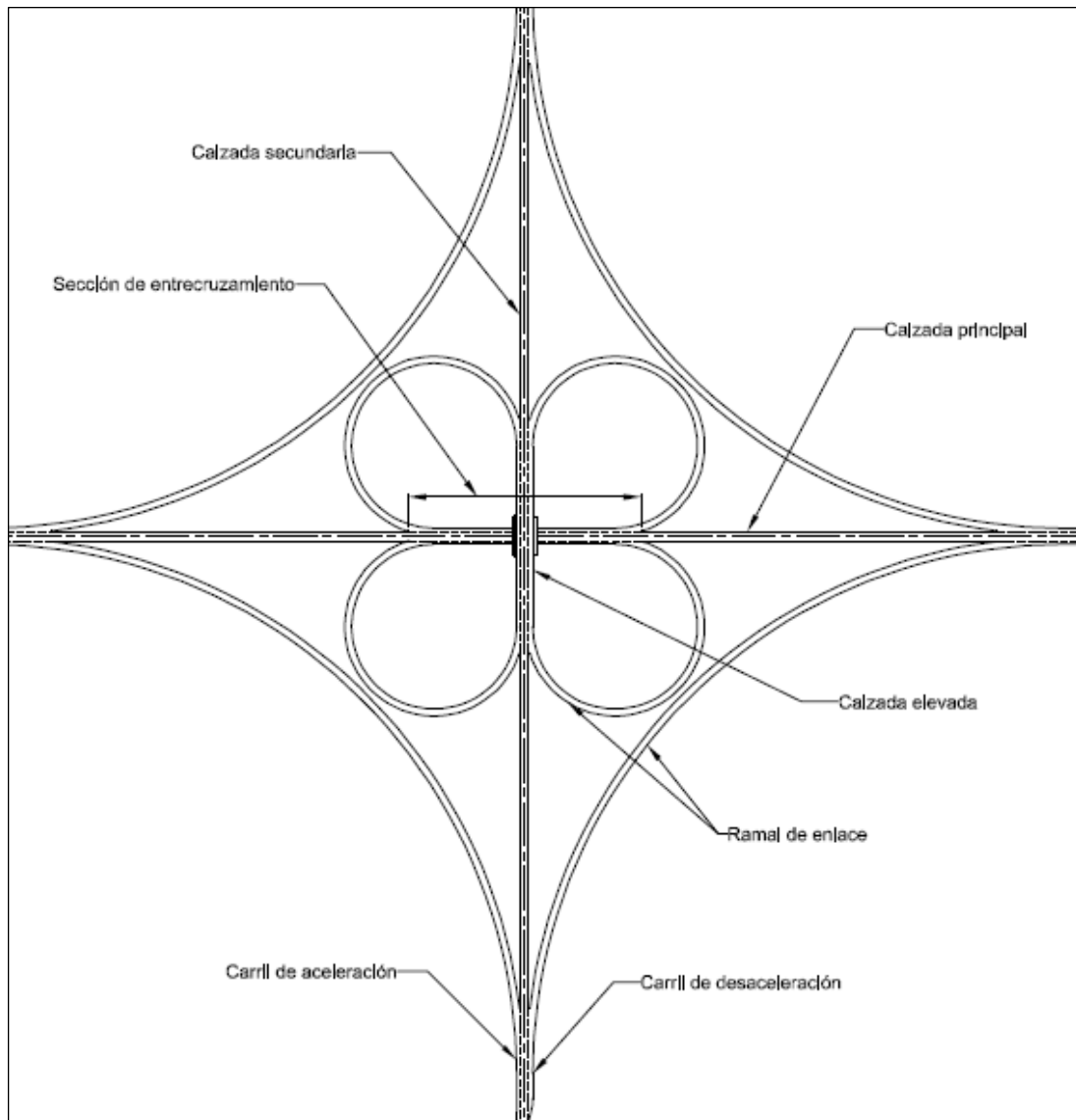


Figura 8. Esquema de intersección a desnivel tipo trébol. Tomado del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008)

1.5.2.2 Intersección tipo glorieta a desnivel

Es una intersección en la que al menos una de las calzadas se encuentra conectada a un paso a desnivel que puede ser elevado o deprimido (ver Figura 9). Suele caracterizarse por requerir

elevadas inversiones económicas, a pesar de esto, resulta una solución de ideal para reducir y mitigar problemas de congestión vial teniendo en cuenta que puede adecuarse de tal manera que minimice la detención de los vehículos de la calzada principal. Por sus características geométricas suele ser utilizada con mayor frecuencia en áreas urbanas que en áreas rurales.



Figura 9. Intersección a desnivel tipo glorieta. Tomado de Metrolínea. Retrieved from <https://melodiaenlinea.com/adjudicada-licitacion-del-intercambiador-guatiguara/>

1.5.2.3 Intersección tipo diamante a desnivel

La intersección tipo diamante elimina los cruces de los vehículos provenientes de la calzada principal evitando que tengan que detenerse para verificar el tráfico en dirección contraria, proporcionado así ramales de entrada y salida que en conjunto con carriles de aceleración y

desaceleración no requieren el uso de señales de Stop, contribuyendo a la reducción de la congestión vehicular. Para redirigir el tráfico de los vehículos provenientes de los ramales de salida de la calzada principal a la calzada secundaria requiere la disposición de dos semáforos de fase corta (ver Figura 10). La intersección entre las calzadas primaria y secundaria se deben pueden resolver con el uso de un paso elevado o deprimido. Los beneficios de este tipo de intersección pueden resumirse en: disminución de los puntos de conflicto, mayores distancias de visibilidad en las curvas, fácil regulación del tránsito (dos semáforos), pasos peatonales cortos, otros.



Figura 10. Intersección a desnivel tipo diamante divergente. Tomado de Tocograferos. Retrieved from <https://www.miamiherald.com/news/article138156553.html>

1.6 Building information modeling

1.6.1 Definición

BIM es un modelo inteligente (Yang & Wang, 2009), definido como una herramienta que describe procesos y tecnologías que permiten la integración de modelos virtuales, correspondientes a las diferentes disciplinas del proyecto, la visualización de sus elementos y componentes se da por

medio de máquinas (Sacks, Eastman, & Lee, 2004). Debido a la representación digital de las características físicas y funcionales del proyecto (National Institute of Building Sciences, 2007; Yeutter, 2012; Li et al., 2014; Zhou et al., 2017), el uso de esta herramienta promueve: trabajo colaborativo, intercambio y actualización de la información, control de cambios, evaluación del proyecto (Bravo, 1976; Sacks et al., 2004; Yeutter, 2012; Li et al., 2014; Chunyan MA, 2014; Ramírez Muriel, 2016; Zhou et al., 2017; Beach et al., 2017), solución de problemas de incompatibilidad de softwares, mejoramiento de ineficiencia en la administración, aumento de la claridad de la información, disminución del bajo entendimiento del proyecto, aumento en la calidad en diseños (Shim et al., 2011; Zhou et al., 2017) y mayor coordinación (Shou et al., 2014).

BIM es considerada una herramienta con tres enfoques: diseño (Wang & Dunston, 2006; Heikkila et al., 2013; Zhou et al., 2017), planificación (Wang & Dunston, 2006) y construcción (Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, 2011). Dentro de sus funcionalidades la *colaboración en diseño y construcción* son vistas desde dos focos: (1) internamente, corresponde a un grupo de trabajo asociado a una sola organización que retroalimenta, simultáneamente, un mismo modelo. y (2) Externamente, refiere a múltiples modeladores, a partir de la visualización de modelos fusionados o individuales que permiten la coordinación y gestión del diseño (Sacks et al., 2010).

1.6.2 Beneficios de la implementación BIM

La implementación del enfoque BIM en proyectos de construcción viene acompañada de un conjunto de beneficios que pueden mejorar distintas actividades del ciclo de vida del proyecto, dentro de las más reportadas por los estudios se encuentran (Bradley, Li, Lark, & Dunn, 2016b; Costin, Adibfar, Hu, & Chen, 2018):

- Disminución de los tiempos de entrega de los proyectos.
- Retornos positivos de la inversión.
- Mejoras en la gestión de la información.
- Mayor coordinación y comunicación entre los participantes del proyecto.
- Aumento en la colaboración en el desarrollo de las actividades del proyecto.
- Automatización de procesos.
- Visualización detallada.
- Compatibilidad con simulación digital.
- Mejores estimaciones de costo.
- Facilidad y mejoramiento de las actividades de planificación y diseño.
- Identificación y solución temprana de restricciones.
- Simulaciones BIM nD para el análisis de la constructibilidad y planificación del proceso de construcción.
- Estimaciones automatizadas de cantidades y costos.
- Facilidad para la documentación del proyecto.
- Aumento de la precisión en la información del proyecto.
- Incremento en la comprensibilidad del proyecto.
- Optimización del diseño.
- Reducción del re-trabajo.
- Mitigación de errores e inconsistencia del diseño.
- Rápida evaluación y comparación de alternativas de diseño.
- Mejoramiento de los aspectos relacionados con la seguridad del proyecto.

- Compatibilidad con tecnologías de: Escáner Laser, Impresión 3D, Fotogrametría, sensores, Sistemas de Información Geográfica, Realidad Virtual y Aumentada, otros.
- Incremento de la productividad.
- Mejoramiento de las actividades de control y monitoreo del proyecto.
- Evaluación y diseño de proyectos sostenibles.
- Disminución de órdenes de cambio y requerimientos de información.

1.6.3 BIM para infraestructura vial

BIM ha sido ampliamente aplicado y desarrollado para el sector de la edificación, sin embargo, en el sector de la infraestructura vial presenta un perfil emergente, en el cual se han comenzado a conocer las primeras investigaciones en los últimos 5 años, presentando en la actualidad una tendencia de crecimiento. En un principio se podrían adoptar, en los proyectos viales, usos BIM desarrollados para las necesidades específicas de los proyectos de edificación, pero los proyectos viales presentan necesidades específicas que requieren la aplicación de nuevos usos y funcionalidades BIM. Por un lado, los proyectos viales requieren mayores extensiones de terreno y están más expuestos a los afectos del clima y el medioambiente en comparación con los proyectos de edificación, lo que conlleva a la necesidad de análisis con mayor grado de detalle de variables climáticas y medioambientales en las diferentes etapas del ciclo de vida del proyecto. Otro aspecto está relacionado con los volúmenes considerables de movimientos de tierra requeridos en el desarrollo de los proyectos viales comparado con los movimientos requeridos en proyectos de edificación, generando así la necesidad de análisis de movimientos de tierra más detallados en los proyectos viales. Otro aspecto diferenciador es el relacionado a los efectos del tráfico vehicular, peatonal y ciclista sobre el proyecto, donde los proyectos viales se ven influidos ampliamente en

la totalidad del ciclo de vida del proyecto, a diferencia de los proyectos de edificación en los que el efecto del tráfico es moderado. Por otro lado, relacionado con el aspecto de interferencias entre elementos, los proyectos de edificación presentan un mayor riesgo de colisiones entre elementos de distintas disciplinas que los proyectos viales, lo cual está sustentado en la cantidad significativa de elementos de los proyectos viales que son dispuestos en espacios reducidos (O'Brien, Gau, Schmeits, Goyat, & Khwaja, 2012; Sankaran & O'Brien, 2015; Costin et al., 2018). Estos aspectos sumados a otros como: estimación de costo, optimización del proyecto, planificación del proceso de construcción, diseños de los componentes del proyecto, entre otras, ha conllevado a la creación de herramientas BIM específicas para la atender las necesidades particulares de los proyectos viales. Una de las destacadas a nivel mundial es Autodesk Infraworks, el cual es adoptado en la presente investigación para el desarrollo de una metodología para el diseño de intersecciones a desnivel.

1.6.4 Autodesk Infraworks

Autodesk Infraworks es una herramienta computacional que está alineada a los principios del enfoque BIM, la cual es utilizada para el apoyo de las actividades de diseño, planificación, construcción, mantenimiento y operación de carreteras, puentes, túneles, viaductos y otros tipos de proyectos de infraestructura. Con Infraworks los procesos son ampliamente beneficiados por la integración de grandes volúmenes de información del entorno real del proyecto, lo cual es realizado a través de herramientas especializadas de modelamiento que facilitan la elaboración de réplicas virtuales de los elementos del proyecto, elementos a los cuales es posible vincular diferentes tipos de datos e información (Autodesk, 2019). Esto satisface la necesidad de interacción de grandes volúmenes de información de los proyectos viales que esta relaciona a la

creciente magnitud y complejidad de los proyectos además de tecnologías emergentes que ocasionan que los proyectos viales sean del tipo Big Data donde cada vez es más la información que se recolecta, produce, genera, almacena y comunica durante las diferentes etapas del ciclo de vida. El diseño de las intersecciones viales a desnivel puede beneficiarse de funcionalidades BIM relacionadas con: diseño, visualización, colaboración, análisis, y optimización:

1.6.4.1 Diseño

Los procesos de diseño de las diferentes disciplinas son realizados en tiempo real mediante la integración de información del entorno del proyecto y las herramientas automatizadas para la generación y análisis de perfiles longitudinales y secciones transversales, además de parámetros tales como: radios curvatura, longitudes de espirales, longitudes de entre-tangencia, peraltes, sobreanchos, propiedades de sección transversal, entre otros. La posibilidad de simular diferentes eventos y situaciones que pueden presentarse durante la etapa de operación del proyecto permite mejorar la calidad del diseño y disminuir los esfuerzos requeridos, un ejemplo es el conjunto de herramientas especializadas para la simulación del tráfico de vehículos, motocicletas, personas y ciclistas, con las que es posible evaluar la capacidad de diferentes alternativas de diseño para atender los requerimientos de tráfico que dieron lugar a la creación del proyecto, generando la desaparición del proceso de elaboración del modelo de análisis de tráfico como actividad independiente y dando lugar a un proceso de simulación soportado en la plataforma generada por el modelo desarrollado durante el diseño del proceso.

1.6.4.2 Visualización

Las ventajas de visualizaciones propias del enfoque BIM y mejoradas mediante las herramientas de Infracore permiten apoyar y mejorar diferentes aspectos del ciclo de vida de los proyectos de intersección vial, considerando que la visualización se da en una réplica virtual que permite un mejor entendimiento del proyecto por parte de los participantes, los cuales a su vez tendrán mayores posibilidades de aportar puntos de vista sobre cuestiones fundamentales de diferentes aspectos del proyecto. Esto propicia el mejoramiento de los procesos de toma de decisiones mediante la exploración de diferentes alternativas en entornos virtuales en los que no están en riesgo grandes recursos económicos o vidas humanas. Por otro lado, la visualización detallada permite la detección y solución de problemas relacionados con: errores de diseño, interferencias, colisiones, aspectos de seguridad, funcionalidad, iluminación, paisajismo, entre otros.

1.6.4.3 Análisis

Sumando a las herramientas especializadas de análisis del tráfico Infracore proporciona herramientas de análisis de: seguridad vial, movimientos de tierra, aspectos de drenaje, conducción, distancias de visibilidad y adelantamiento, iluminación, costos, sostenibilidad y otros. En adición a esto, Infracore permite la interoperabilidad con paquetes de análisis especializados en áreas como: estructuras, geotecnia, hidráulica, medioambiente, aspectos de sostenibilidad, planificación del proceso de construcción, entre otros.

1.6.4.4 Optimización

Los proyectos de intersección vial conllevan a la inversión de una cantidad considerable de recursos sustentados en la extensión y variedad de actividades requeridas para la puesta en funcionamiento del proyecto. Los análisis de optimización pueden resultar de gran beneficio en la búsqueda del uso eficiente de los recursos. El proceso de optimización puede involucrar uno varios objetivos que pueden ser enfocados a reducir: consumo de recursos naturales, costos de construcción, consumo energético, movimientos de tierra, distancias de viaje, tiempos de construcción. Infraworks proporciona diferentes herramientas especializadas que permiten el análisis de varias alternativas de diseño y configuraciones para la búsqueda de la eficiencia del proyecto.

1.7 Lean Construction

1.7.1 Definición

Lean tiene sus orígenes en la industria automotriz de la empresa japonesa Toyota Production System (TPS) (Ohno, 1988; Sacks et al., 2010; Sacks et al., 2010; Nahmens & Ikuma, 2012; Hyatt, 2014; Chien-Ho & Neng-Fu, 2014), su enfoque se orienta a la eliminación del desperdicio (Ohno, 1988; Womack, J.P., Jones, 2005; Sacks et al., 2010; Nahmens & Ikuma, 2012; Hernán et al., 2014; Hyatt, 2014; Chien-Ho & Neng-Fu, 2014), el cual es considerado como cualquier cosa que no genere valor al proyecto (Nahmens & Ikuma, 2012). La eliminación de este consiste en generar una secuencia de procesos lógicos que permitan definir el lugar correcto en el momento correcto con la cantidad correcta (Womack, J.P., Jones, 2005; Nahmens & Ikuma, 2012), en definitiva, la filosofía Lean se orienta hacia la administración de la producción, a fin de reducir

actividades que no generan valor y, de esta manera, solo se enfoca en las que generan valor al producto final (Díaz et al., 2014).

1.7.2 Aplicación del concepto Lean en la industria de la construcción

La aplicación de Lean en el área de la construcción se da gracias a un estudio realizado por (Koskela, 1993), en el cual expone la importancia de los flujos de procesos de producción y considera los productos terminados como un entregable que genera valor al proyecto (Nahmens & Ikuma, 2012). Seguidamente, *International Group for Lean Construction* propone el termino de Lean Construction (LC) (Nahmens & Ikuma, 2012), su implementación en los proyectos de construcción propicia que los niveles de accidentalidad y riesgos en el lugar de trabajo disminuyan, debido a la orientación de estrategias que conforman zonas despejadas y que mejoran las condiciones del espacio y de los trabajadores (Koskela, 1993; Koskela, 2000; Saurin, Formoso, & Cambraia, 2006; Nahmens & Ikuma, 2012). Actualmente, se promueve la implementación de esta filosofía, dado que se encuentra evidencia de su integración en varias empresas (Hyatt, 2014).

LC debe ser considerado un pensamiento que brinda la facilidad de crear herramientas, de forma que el valor del proyecto aumente por medio de la optimización de los diferentes modelos de ejecución (Díaz et al., 2014). Por otro lado, el enfoque en la gestión y construcción de proyectos tiene como fin generar reducción del desperdicio, incrementar el valor al cliente y lograr una mejora continua de los procesos operativos del proyecto (Sacks et al., 2010; Nahmens & Ikuma, 2012; Hernán et al., 2014). El desperdicio que se genera dentro de un sistema se clasifica en siete categorías, propuestas por (Ohno, 1988).

1.7.3 Principios Lean Construction en la industria de la construcción

La aplicación de la filosofía Lean Construction a los proyectos de construcción está fundamentada en un conjunto de principios relacionados con la maximización del valor percibido por el cliente a través del empleo eficiente de los recursos involucrados. Para lo cual se busca la eliminación o mitigación de las actividades o procesos que no generan valor al proyecto, al igual que los desperdicios presentes en el ciclo de vida del proyecto. Por lo anterior, algunos de los principios de la filosofía Lean Construction son (Sacks et al., 2010; Hernán et al., 2014; Paula Alejandra Palacios Rodriguez, 2018):

- Mitigación o eliminación de actividades o procesos sin generación de valor en proyecto.
- Estandarización de los productos y métodos de trabajo.
- Procesos de toma decisiones colaborativos.
- Generación de valor de las actividades del proyecto.
- Mitigación o eliminación de la variabilidad.
- Reducciones de tiempos de ciclos.
- Disminución de la complejidad de los procesos.
- Aumento en la flexibilidad de las actividades del proyecto.
- Mayor transparencia en los procesos del proyecto.
- Aplicación de técnicas de gestión visual.
- Control y monitoreo continuo de las actividades del ciclo de vida del proyecto.
- Búsqueda de alternativas para el mejoramiento continuo de los procesos.
- Procesos de verificación y validación para mejorar la calidad.
- Aumento de la confiabilidad de los flujos de trabajo.

- Generación de ambientes de colaboración en el desarrollo del proceso.
- Aprendizaje sistemático.
- Alineación de objetivos del proyecto con las necesidades del cliente.
- Elaboración de los proyectos en función de las necesidades del cliente.
- Cultivar y extender redes de colaboración.

1.7.4 Tipos de desperdicios en la industria de construcción

Los desperdicios en la industria de la construcción en los cuales se enfoca la aplicación de la filosofía LC pueden ser clasificados en 9 categorías:

- *Desperdicio por exceso de producción:* contempla los artículos que son producidos antes de ser requeridos, es decir, la producción generada sin ser necesaria.
- *Desperdicio por demoras:* tiempo inactivo entre procesos, en el cual los trabajadores no son productivos, también se puede presentar por demora en la toma de decisiones o por equipos o materiales que no están dispuestos cuando se requieren.
- *Desperdicio exceso de inventario:* acumulación de artículos que inhibe el espacio disponible.
- *Desperdicio por exceso de transporte:* la movilización de artículos de manera excesiva e innecesaria de un lugar a otro, durante el proceso de producción.
- *Desperdicio Movimiento innecesario:* se presenta cuando el personal debe realizar desplazamientos en búsqueda de herramientas o equipos.
- *Desperdicio exceso de procesos:* se presenta cuando se deben eliminar residuos del producto por problemas en las herramientas o en los diseños.

- *Desperdicio Defectos*: fallas en el artículo que necesitan ser solucionadas antes de su disposición al cliente. No genera valor, pero sí gasto de capital.
- *Desperdicio por improvisación*: realizar actividades sin actividades de planificación precedentes.
- *Desperdicio por talento no utilizado*: asignar actividades al talento humano en discordia con sus talentos.

1.7.5 Lean Construction en la etapa de diseño

La filosofía Lean Construction puede ser aplicada en las diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos de construcción (diseño, planificación, construcción y operación). Cuando LC se implementa en la etapa de diseño es denominada *Lean Design*, la cual es enfocada a la aplicación de los principios LC a los procesos del diseño con la finalidad de mitigar o eliminar pérdidas y desperdicios, además de maximizar la generación de valor en los procesos tanto del diseño como en etapas subsecuentes del proyecto (Chien-Ho & Neng-Fu, 2014). Para esto, LC propende por la aplicación de herramientas que permitan mejorar y automatizar las actividades del diseño con la finalidad de evitar la variabilidad que puede presentarse durante la etapa de construcción, variabilidad que en la mayoría de los casos es motivada por falencias en los documentos de construcción producidos durante etapas tempranas de los proyectos, situaciones en las cuales el constructor debe realizar solicitudes de aclaración al diseñador, las cuales pueden requerir tiempos considerables para ser solucionadas ocasionando problemas en el sitio tales como: tiempos de inactividad, retrasos, sobrecostos, desaprovechamiento de recursos, desperdicios, demolición de elementos contruidos, movimientos no utilices de recursos, modificaciones de los procesos

constructivos planificados, entre otros, problemas que inducen pérdidas que pueden traducirse en considerables montos financieros.

En el caso de las actividades de diseño de proyectos viales, resulta indispensable la aplicación de la filosofía Lean Design teniendo en cuenta que dichos proyectos se caracterizan por involucrar un número significativo de participantes con diferentes conocimientos y experiencias, los cuales deben trabajar de manera coordinada y colaborativa para generar los documentos de construcción relacionados con las diferentes disciplinas, donde falencias en el proceso pueden conllevar a inconsistencias e incompatibilidades que en los peores casos pueden llegar a convertirse en errores de diseño, aspecto que se agrava con la magnitud característica de los proyectos y las altas inversiones requeridas (Tezel, Koskela, & Aziz, 2018).

La implementación LC al diseño de proyectos viales permite el planteamiento de metodologías de trabajo fundamentadas en procesos de toma de decisiones colaborativos, las cuales propician el planteamiento y evaluación de distintas alternativas de diseño con la finalidad de seleccionar y adecuar las de mayor beneficio. Por otro lado, los métodos de trabajo Lean conllevan al monitoreo y control constante de las actividades lo cual permite un mejoramiento en la calidad de los entregables al igual que posibilidades para la detección y mitigación de riesgos o errores de diseño, en adición a posibles retrasos en la entrega de los diseños. Sumado a esto, LC propicia el eficiente alineamiento entre los requerimientos, características y objetivos del proyecto, lo cual resulta un factor crítico para el éxito del proyecto. Relacionado a la planificación del proceso de construcción, la aplicación de herramientas Lean como: Visual Management, Last Planner System, y Modularización – Prefabricación en la etapa de diseño permiten a los planificadores el planteamiento de los elementos y procesos de construcción en función de la maximización de la

eficiencia las actividades en sitio, afectando así de manera positiva la etapa de construcción en etapas tempranas del proyecto (Sánchez, Galvis, Porras, Ardila, & Martínez, 2017).

1.7.6 Herramientas Lean

Los emergentes avances en investigación científica en el área de la implementación de LC a los proyectos de construcción y la cercanía con las técnicas de producción de Toyota han generado varias herramientas con varias aplicaciones y beneficios en los proyectos de construcción, entre las más conocidas se encuentran (Tezel et al., 2018; Messner, Leicht, & Bhawani, 2018);

- *Last Planner System (LPS)*: técnica de planificación en cascada para actividades de construcción, se fundamenta en un plan maestro, del cual se obtiene un plan intermedio y finalmente un plan semanal, en el proceso se identifican y se resuelven las restricciones que puedan presentar las actividades de construcción.
- *Visual Management (VM)*: técnica que consiste en la implementación de herramientas visuales para actividades de: monitoreo, control, revisión y evaluación de distintos procesos y/o actividades de las fases del ciclo de los proyectos de construcción.
- *5s*: practica que está fundamentada en 5 procesos principales: 1) eliminar, 2) ordenar, 3) limpiar, 4) estandarizar, y 5) evaluar, la cual se enfoca en adecuar los espacios de producción con la finalidad de disminuir desperdicios relacionado a la falta de organización de los espacios destinados a la generación de valor.
- *Value Stream Mapping (VSM)*: consiste en la diagramación de los procesos, con la finalidad de identificar y eliminar actividades sin contribución en la generación de valor al proyecto. Por

otro lado, está enfocada en el análisis de los tiempos de ciclo con la finalidad reducirlos y optimizarlos.

- *Ciclo PDCA*: un ciclo de mejoramiento continuo de procesos que está compuesto por cuatro procesos principales: 1) planificar (planning), 2) ejecutar (do), 3) revisar (check), y 4) actuar (act). Este ciclo tiene varias aplicaciones en los proyectos ya que puede ser aplicado con distintos objetivos y en diferentes actividades del ciclo de vida de los proyectos.
- *Celdas de Mejoramiento Continuo*: consiste en la organización en celdas de las unidades encargadas de la producción procurando la especialización de las unidades y la flexibilidad para ser reconfiguradas ante cualquier evento de modificación del esquema de producción.
- *Estructuración del trabajo*: consiste en la estructuración de las actividades del proyecto, con la finalidad de integrar diseño de productos y procesos para optimizar la producción en el sitio del proyecto.
- *Integración de la cadena de suministro*: consiste en la integración de stakeholders relacionados con la cadena de suministro, en etapas tempranas del proyecto. Por otro lado, está relacionada con la alineación y coordinación dentro de las cadenas de suministro a través de contratos a largo plazo, asociaciones, capacitación de proveedores de servicios, transparencia en el flujo de información, riesgos / beneficios compartidos, etc.
- *Big room*: una técnica fundamentada en la revisión, planificación y evaluación multidisciplinaria de diferentes aspectos del proyecto enfocada en el soporte de procesos de toma decisiones en ambientes colaborativos con profesionales de diferentes campos, conocimientos y experiencias.
- *Just-in-Time (JIT)*: un concepto relacionado con la planificación y configuración del proyecto para garantizar que los materiales, equipos, información, recursos humanos y otros, se

dispongan en los momentos adecuados para evitar pérdidas relacionadas con: esperas, movimientos innecesarios, almacenamientos, inventarios, requerimientos de información, entre otros.

- *Modularización y prefabricación*: consiste en el diseño modular de elementos del proyecto con la finalidad de realizar el proceso de producción en forma de elementos prefabricados, haciendo uso de fábricas y talleres externos al sitio con el objetivo de automatizar los procesos de producción para el aumento de la eficiencia de los mismos.

1.7.7 Integración Lean Construction – BIM

LC es una filosofía enfocada a la optimización general del proyecto, la cual puede ponerse en práctica de manera independiente o con apoyo de herramientas tecnológicas como BIM. A fin de lograr procesos óptimos del trabajo conjunto entre BIM y LC, se han identificado principios, a partir de interacciones entre las dos herramientas en aras de mejorar su desempeño y obtener mejores beneficios, a lo largo del ciclo de vida del proyecto. El tema de integración de la filosofía LC y el enfoque BIM posee un carácter emergente en investigación científica en el cual se han publicado diversos estudios, uno de los de mayor relevancia es *Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction* (Sacks et al., 2010), el cual fue publicado por Lauri Koskela considerado como uno de los padres de la filosofía LC y Rafael Sacks reconocido experto a nivel mundial en el tema BIM. En el estudio se presentan un conjunto de 56 interacciones entre BIM y LC, identificadas a partir del cruce entre principios de la filosofía LC y funcionalidades de la metodología BIM (ver Figura 11).

BIM functionality	Lean principles																			
	Reduce variability		Reduce cycle times		Reduce batch sizes		Increase flexibility		Select an appropriate production control approach		Standardize		Institute continuous improvement		Use visual management		Design the production system for flow and value		Ensure comprehensive requirements capture	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
Visualization of form	1	1,2												3				4		11
Rapid generation of design alternatives	2	1	22									7	7		8					
Reuse of model data for predictive analyses	3	9	9	22			51											1	16	5
Maintenance of information and design model integrity	4		10	12											8				16	5
Automated generation of drawings and documents	5	1,2	1	12														1	1	1
Collaboration in design and construction	6	11	11																	11
Rapid generation and evaluation of multiple construction plan alternatives	7	12	12	22																12
Online/electronic object-based communication	8	11	22	(52)	53										54	54				
	9		23						36						36					
	10	2,13	24				33										43		56	46
	11	14	25	(29)		31								(41)						49
	12		15	25	(29)			37						(41)				44		47
	13	2	40	25	(29)				17			40	40	40						47
	14		29	26	30	30		34					34	(42)						47
	15	18	26	30	30		34		38			38	34	(42)					45	48
	16	19	27			32														49
	17		20	28			35							(42)						
	18	21	30	30			34				39			(42)					47	48
																				50

Note: Numbers in the cells are indexes to the cell content explanations provided in Table 4 and numbers in brackets represent negative interactions.

Figura 11. Interacciones BIM – Lean. Tomada de (Sacks et al., 2010)

La presente investigación está enfocada en el estudio de la interacción #2 para el mejoramiento de la metodología de diseño de intersecciones viales a desnivel a través de la mitigación de cambios y errores del diseño. Interacción #2: “*BIM impone un rigor a los diseñadores a través del modelado detallado, en el que es posible detectar incompatibilidad o cuestiones de diseño mediante chequeo de interferencias u otros chequeos automáticos. Esto mejora la calidad de los diseños evitando que los diseñadores “re-hagan”* (Koskela, L, 2004) *y reduciendo la repetición en el campo como resultado de los diseños incompletos”* (Sacks et al., 2010).

La interacción N° 2 se seleccionó considerando que se encuentra relacionada con la funcionalidad BIM de *trabajo colaborativo*, el cual es uno de los pilares para el funcionamiento de la metodología IPD, dicha colaboración beneficia de gran manera el diseño de los proyectos de infraestructura vial en el que interactúa un número significativo de profesionales que requieren trabajar en ambientes colaborativos para propiciar la eficiencia de los procesos de toma de decisiones del proyecto. La interacción N° 2 vincula el principio de LEAN de *reducir la variabilidad*, el cual se encuentra estrechamente ligado con la variabilidad presentada en eventos de retrasos y sobrecostos que como se evidencia en la revisión científica son problemas que afectan los proyectos de infraestructura vial en los entornos nacional e internacional. En conclusión, la interacción N° 2 tiene el potencial de mejorar los procesos de diseño de las intersecciones viales teniendo en cuenta que BIM es utilizado como una herramienta que impone rigor a los diseñadores a través del modelado detallado permitiendo detectar de manera temprana errores y cuestiones de diseño, lo cual propicia la reducción de la variabilidad del proyecto mediante la mitigación de los factores causantes de eventos de retrasos y sobrecostos propios de la etapa de pre-construcción del proyecto.

1.8 Integrated Project Delivery – IPD

1.8.1 Definición IPD

La aplicación de la filosofía LC se enmarca dentro del modelo de entrega de proyectos *Integrated Project Delivery* (IPD), método que tiene como objetivo la integración de sistemas, estructuras de negocios, personas, prácticas, procesos, trabajo colaborativo, reducción de pérdidas, optimización de procesos, entre otros, (American Institute of Architects and AIA California &

Council, 2007; Kent & Becerik-gerber, 2010; Yeutter, 2012; Fedderke & Kaya, 2014; Yuri & Pila, 2016). IPD presenta seis características principales que lo diferencian de los métodos de entrega tradicionales: (1) contrato multipartidario, (2) vinculación temprana al proyecto de todas las partes interesadas, (3) toma de decisiones de forma colaborativa y control, (4) riesgo y beneficio compartido, (5) eximir responsabilidades entre los participantes y (6) desarrollo conjunto de los objetivos del proyecto (Halfawy, 2008; Kent & Becerik-gerber, 2010; Franklin D. Lancaster, 2010; Yeutter, 2012; A. H. Fakhimi et al., 2016a). De ahí que, se requiera de los siguientes aspectos para la implementación del modelo IPD en una organización del sector de la construcción (Yuri & Pila, 2016):

1.8.2 Principios IPD

El método IPD resulta emergente comparado con otros métodos de entrega de proyectos, dentro de los principios del método IPD propuestos a la actualidad se encuentran agrupados los siguientes (American Institute of Architects and AIA California & Council, 2007; Kent & Becerik-gerber, 2010 Morton & Thompson, 2011; Nawi, Haron, Hamid, Kamar, & Baharuddin, 2014; A. H. Fakhimi, Sardroud, & Azhar, 2016b; A. Fakhimi & Branch, 2017; Paula Alejandra Palacios Rodriguez, 2018):

- Confianza mutua y respeto.
- Recompensas y beneficios mutuos.
- Toma de decisiones y procesos de innovación colaborativos.
- Integración temprana de Stakeholders claves del proyecto.
- Definición de objetivos en etapas iniciales del proyecto.

- Planificación rigurosa.
- Comunicación abierta entre participantes del proyecto.
- Tecnologías adecuadas para el desarrollo de los procesos.
- Organización, coordinación y liderazgo de equipo del proyecto
- Acuerdos multipartidistas
- Riesgos y recompensas compartidos
- Participantes del proyecto vinculados como iguales.
- Transparencia entre participantes y uso de la información del proyecto.

1.8.3 Beneficios IPD

La implementación del método IPD en los proyectos de construcción conlleva a la obtención de un conjunto de beneficios entre los que se destacan (A. H. Fakhimi et al., 2016a; Paula Alejandra Palacios Rodriguez, 2018):

- Mejora en los procesos de toma decisiones a partir de procesos colaborativos.
- Mitigación o eliminación de los posibles conflictos entre miembros del equipo del proyecto.
- Optimización de los esfuerzos de los participantes del proyecto.
- Mejoramiento en los procesos de control y monitoreo de las actividades del proyecto.
- Aumento de comunicación y entendimiento entre los Stakeholders del proyecto.
- Mejor definición de los objetivos y metas del proyecto.
- Configuración de los incentivos para la obtención de resultados destacados.
- Reducción de residuos a través de mejoras en la planificación e implementación de costos compartidos.

- Aumento del compromiso de los participantes con el éxito del proyecto.
- Disminución de los plazos de entrega de proyectos.
- Disminución de costos de operación y mantenimiento del ciclo de vida del proyecto.
- Reducción de requerimientos de información por parte de contratista.
- Facilidad para el intercambio de recompensas y riesgos entre los participantes involucrados.
- Fomento de la creatividad en el equipo del proyecto.

1.8.4 IPD vs modelo tradicional de entrega de proyectos

Una de las principales diferencias del método IPD con el modelo tradicional de proyectos radica en que el modelo IPD busca la integración de participantes clave del proyecto en etapas tempranas tales como dueño, contratistas, subcontratistas y proveedores (ver Figura 12), a diferencia del método tradicional de diseño – licitación – construcción, en el cual el dueño del proyecto contrata un equipo diseñador quien genera los documentos de construcción con los cuales se abre un proceso de licitación para la elección del constructor. Una vez seleccionado el constructor, el dueño le suministra los documentos producidos por el equipo del diseño, presentándose así una evidente desconexión entre el diseñador y el constructor lo que a lo largo del tiempo ha sido causante de fenómenos indeseados tales como: retrasos, sobrecostos, problemas de calidad, conflictos, disputas, entre otros (Hernán et al., 2014; Yuri & Pila, 2016).

El método tradicional ha conllevado a que cada participante del proyecto busque conseguir sus propios beneficios dejando de lado en algunas ocasiones los objetivos del proyecto, torpedeando las posibilidades de mejora de los procesos que componen el ciclo de vida del proyecto. El principio de riesgos y beneficios compartidos del modelo IPD hace posible que cada participante busque la mejora propia y la mejora de los demás participantes del proyecto.

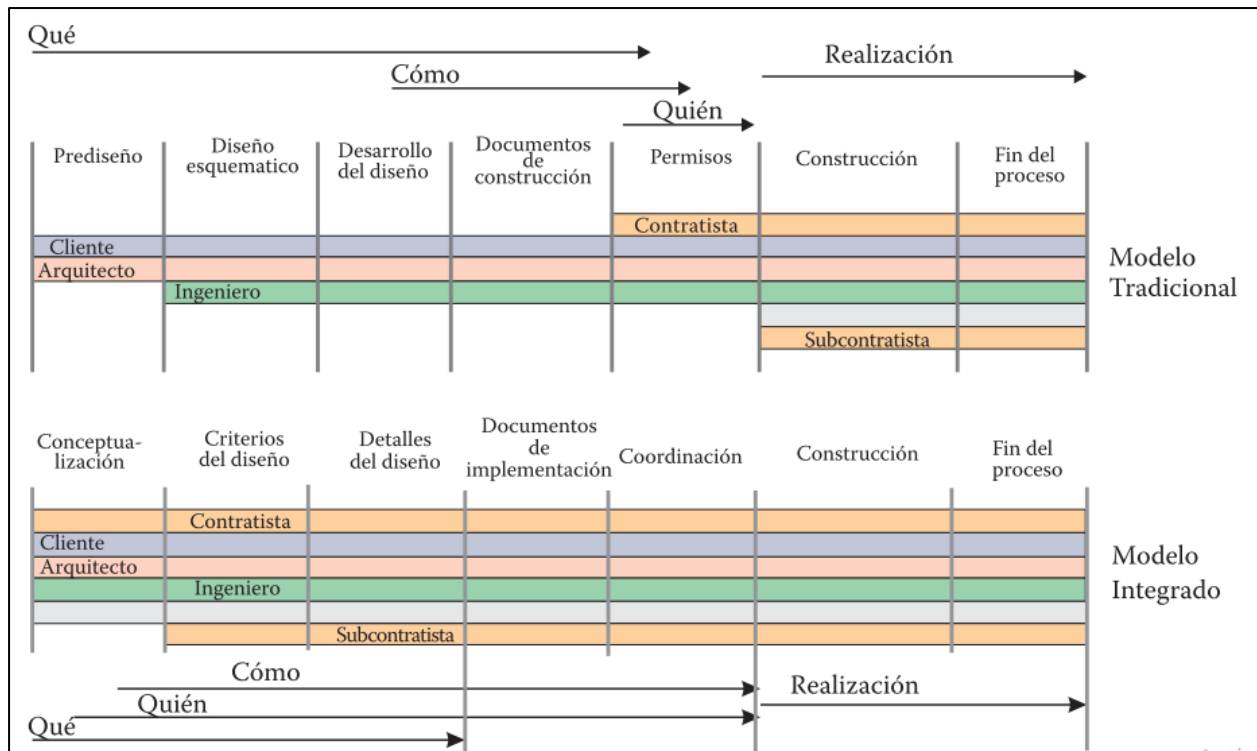


Figura 12. Modelo de entrega de proyectos tradicional vs modelo integrado. Tomada de (Díaz et al., 2014)

1.8.5 Implementación IPD

La implementación del método IPD conlleva al diseño de tres tipos de componentes: 1) diseño del trabajo IPD, 2) diseño del equipo IPD, y 3) diseño de la información IPD (Yuri & Pila, 2016), procesos que se recomienda sean realizados en las etapas iniciales del proyecto.

1.8.5.1 Diseño del trabajo IPD

La estructuración del trabajo se realiza con la implementación de Lean. Así, para la elaboración del diseño de trabajo se emplean los siguientes elementos:

- *Set Based Design*: es esencial para elegir la mejor alternativa entre las diferentes opciones desarrolladas.
- *Pull Planing*: permite diseñar el flujo de producción.
- *Value Stream Mapping*: es necesario para detectar las potenciales pérdidas, mediante su ocupación desde etapas tempranas, a fin de minimizarlas o eliminarlas.
- *Análisis A3*: propicia la mejora continua de los procesos operativos, mediante la revisión constante de los diversos factores.
- *Constructabilidad*: es fundamental para obtener diseños que permitan la construcción de manera más sencilla.
- *Colaboración Big Room*: para colocar a los intervinientes y tomar decisiones conjuntas.
- *Gestión visual*: para mejorar la interpretación y entendimiento.
- *Target value design*: para diseñar manteniendo un costo objetivo.
- *Last planner system*: para la actualización de la diferente información.

1.8.5.2 Diseño del equipo IPD

Está compuesto por las personas que van a apoyar el proyecto, la calidad del perfil de cada integrante del equipo y del equipo en general debe ser el adecuado y el requerido para el tipo de trabajo que se quiere realizar sin importar la complejidad o tamaño de este.

1.8.5.3 Diseño de la información IPD

El correcto y claro almacenamiento de la información disminuye la incertidumbre y confusión por parte de los participantes del proyecto permitiéndoles maniobrar la información y dar soluciones rápidas y certeras, para esto se tiene (Yuri & Pila, 2016):

- *Flujo de la comunicación:* permite establecer el conducto regular para el manejo, administración y almacenamiento de la información, al igual que los responsables con sus deberes y obligaciones.
- *Infraestructura de la comunicación:* se definen los espacios, herramientas, metodologías, permisos, medios y demás elementos necesarios para el desarrollo de las reuniones.
- *Building Information Modelling (BIM):* es un modelo 3D que brinda facilidad para mostrar de manera clara la información de las diferentes áreas, pertenecientes al proyecto, aumentando el entendimiento por parte de los participantes y el desarrollo en la toma de decisiones de manera rápida y asertiva permitiendo el modelado de nuevas alternativas (Fanning et al., 2015).

1.8.6 Barreras de implementación IPD

Debido a las notables diferencias entre el método de entrega IPD y los métodos de entrega tradicionales se presentan diferentes barreras para la implementación de los principios IPD, donde la mayoría de barreras podrían estar relacionadas a la resistencia al cambio de los miembros de los equipos de trabajo. En el caso de los proyectos viales algunas de las barreras podrían estar relacionadas con la legislación requerida para la aplicación de los principios IPD. Dentro de las principales barreras de implementación IPD se destacan (Parrott & Bomba, 2010; A. H. Fakhimi et al., 2016^a; Paula Alejandra Palacios Rodriguez, 2018):

- Marco legal de contratación de los proyectos públicos.
- Habilidades de comunicación requeridas por los miembros del equipo del proyecto.

- Falta de conocimiento en la adopción de tecnologías de colaboración.
- Resistencia al cambio de los miembros de las organizaciones de la industria de la construcción.
- Capacitación del método IPD requerida por parte los miembros de la organización.
- Desconfianza de los Stakeholders.
- Riesgos de disminución de utilidades de los proyectos de construcción.
- Falta de seguros.
- Problemas legales (responsabilidad, riesgos y seguros).

1.8.7 Integración BIM – IPD

Los principios del método IPD conllevan a la necesidad de realizar procesos de colaboración que requieren la participación multidisciplinaria de los Stakeholders del proyecto, para lo cual se requieren herramientas que permitan, faciliten y propicien la colaboración en las distintas fases del proyecto. Para el caso de los proyectos viales, BIM puede ser utilizado como plataforma de visualización, integración y automatización de la colaboración entre Stakeholders involucrados, haciendo posible que los procesos de toma decisiones sean realizados en ambientes colaborativos, mejorando así distintas cuestiones del proyecto a través de la obtención de una mayor calidad de las decisiones que se asumen, lo anterior fundamentado en la posibilidad de contar con diferentes puntos de vista por parte de los participantes con diferentes conocimientos y experiencias. Por otro lado, BIM puede ser integrado con plataformas de colaboración en la nube, lo cual mejora la comunicación y el acceso a información en tiempo real, esto considerando que cualquier participante con conexión a internet en alguna ubicación geográfica podría participar de las decisiones del proyecto y estar informado del avance de las distintas actividades desde dispositivos móviles tales como: celulares, tabletas o computadores (Parrott & Bomba, 2010).

Metodología de investigación

La metodología llevada a cabo en la presente investigación está dividida en 6 secciones como se muestra a continuación:

1.9 Caracterización de la metodología tradicional de diseño geométrico de intersecciones viales a desnivel

Para abordar el primer objetivo específico propuesto, se realizó una revisión detallada del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008) con la finalidad de identificar los procesos y productos relacionados con el diseño Fase III de una intersección vial a desnivel. Para la toma de información, se utilizó un mapa procesos en el cual fueron identificados un total de 43 procesos (ver Tabla 1). Considerando el alcance del estudio, se realizó un mayor detalle en los procesos relacionados con el diseño geométrico. Para cada proceso, se realizó una ficha de caracterización en la que se incluyeron siguientes campos: código, nombre, descripción, responsable, entradas y salidas. Lo cual permitió identificar aspectos de gran relevancia como los Stakeholders involucrados (ver Tabla 2) y los documentos generados en el desarrollo de los procesos mencionados (ver Tabla 3). Adicional a los documentos mencionados anteriormente se tuvieron en cuenta los trabajos que se enuncian a continuación: Jairo & Ospina (2002), Instituto

Nacional de Invias (2008), Instituto Nacional de Invias (2011), Sociedad colombiana de Ingenieros (2014), Fernández (2015), Sarmiento (2018), Martínez & Trujillo (2018).

Tabla 1. *Procesos para el diseño Fase III de una intersección vial a desnivel.*

ID	Procesos
PT01	Recopilación y revisión de la validez de la información generada en Fase II.
	Factibilidad.
PT02	Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio.
PT03	Levantamiento topográfico del corredor.
PT04	Diseño geométrico definitivo de intersecciones.
PT04.1	Asignar parámetros de la Sección de entrecruzamiento.
PT04.2	Asignación de controles de diseño de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
PT04.3	Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
PT04.4	Diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
PT04.5	Diseño de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
PT04.6	Diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
PT04.7	Diseño de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
PT04.8	Diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada.
PT04.9	Diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada.
PT04.10	Diseño de la sección transversal de la intersección a nivel no canalizada.
PT04.11	Diseño de pasos a desnivel (Si son requeridos).
PT04.12	Diseño horizontal de Los ramales de enlace.
PT04.13	Caracterización de isletas.
PT04.14	Diseño de la sección transversal de los ramales de enlace.
PT04.15	Caracterización de abertura de separador central.
PT04.16	Caracterización de carriles exclusivos de giro a la izquierda.
PT04.17	Caracterización de carriles de aceleración.
PT04.18	Caracterización de carriles de desaceleración.
PT04.19	Diseño vertical de Los ramales de enlace.
PT04.20	Definición de la transición de peralte de ramales de enlace.
PT04.21	Diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta.
PT04.22	Definición de perfil de la glorieta.
PT04.23	Diseño de la ST de la glorieta de enlace.
PT05	Consolidación de diseño geométrico revisión y chequeo normativo INVIAS.
PT06	Evaluación preliminar geológica y geotécnica.
PT07	Estudio definitivo de impacto ambiental.
PT08	Estudio definitivo hidrología e hidráulica.
PT09	Diseño definitivo estructural.
PT10	Diseño definitivo de Pavimentos.
PT11	Estudio detallado de predios.

ID	Procesos
PT12	Diseño definitivo urbanístico & paisajismo.
PT13	Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial (SSS&D).
PT14	Diseño definitivo de redes de servicio.
PT15	Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
PT16	Estudio del clima.
PT17	Consolidación y cruce con los diseños definitivos del proyecto.
PT18	Presupuesto definitivo de obra costos directos e indirectos.
PT19	Planificación del manejo de tráfico.
PT20	Consolidación de documentación referente a entrega final Fase III.

Tabla 2. *Stakeholders involucrados en el diseño Fase III de una intersección vial a desnivel.*

ID	Responsable
AG	Abogado
ARQ	Arquitecto
BI	Biólogo
CP	Coordinador del proyecto
DU	Dueño
EG	Entidades gubernamentales
EP	Especialista predial
GE	Geólogo
IA	Ingeniero ambiental
IAX	Ingeniero Auxiliar
ICO	Ingeniero Climático
IAG	Ingeniero de Aguas
IC	Ingeniero de Costos
IG	Ingeniero de Gas
IP	Ingeniero de pavimentos
IS	Ingeniero de suelos
ITC	Ingeniero de Telecomunicaciones
IT	Ingeniero de Transito
IV	Ingeniero de Vías
IEC	Ingeniero Eléctrico
IE	Ingeniero Estructural
IHS	Ingeniero Hidráulico y Sanitario
TP	Topógrafo

Tabla 3. *Documentos generados en el diseño Fase III de una intersección vial a desnivel.*

ID	Archivo	Formato
AR01	Informe de diseño geométrico.	.docx
AR02	Planos de diseño.	.dwg
AR03	Memoria de cálculo de diseño de la sección de entrecruzamiento.	.xlsx
AR04	Memoria de cálculo de controles de diseño de las calzadas principal y secundaria de la intersección.	.xlsx

ID	Archivo	Formato
AR05	Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.	.xlsx
AR06	Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.	.dwg
AR07	Memoria de cálculo de diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección.	.xlsx
AR08	Memoria de cálculo de diseño de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección.	.xlsx
AR09	Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección.	.xlsx
AR10	Planos de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección.	.dwg
AR11	Memoria de cálculo de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.	.xlsx
AR12	Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada.	.xlsx
AR13	Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada.	.dwg
AR14	Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada.	.xlsx
AR15	Planos de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección.	.dwg
AR16	Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de la intersección a nivel no canalizada.	.xlsx
AR17	Memoria de cálculo de diseño de pasos a desnivel.	.xlsx
AR18	Planos de diseño de pasos a desnivel.	.dwg
AR19	Memoria de cálculo de diseño horizontal de los ramales de enlace.	.xlsx
AR20	Planos de diseño horizontal de los ramales de enlace.	.dwg
AR21	Memoria de cálculo de la caracterización de isletas.	.xlsx
AR22	Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de los ramales de enlace.	.xlsx
AR23	Memoria de cálculo de la caracterización de abertura de separador central.	.xlsx
AR24	Memoria de carriles exclusivos de giro a la izquierda.	.xlsx
AR25	Planos de carriles exclusivos de giro a la izquierda.	.dwg
AR26	Memoria de cálculo de la caracterización de carriles de aceleración.	.xlsx
AR27	Planos de la caracterización de carriles de aceleración.	.dwg
AR28	Memoria de cálculo de la caracterización de carriles de desaceleración.	.xlsx
AR29	Planos de la caracterización de carriles de desaceleración.	.dwg
AR30	Memoria de cálculo de diseño vertical de los ramales de enlace.	.xlsx
AR31	Planos de diseño de vertical de los ramales de enlace.	.dwg
AR32	Memoria de la transición de peralte de ramales de enlace.	.xlsx
AR33	Memoria de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta.	.xlsx

ID	Archivo	Formato
AR34	Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta.	.dwg
AR35	Memoria de cálculo de diseño vertical de la glorieta.	.xlsx
AR36	Planos de diseño de vertical de la glorieta.	.dwg
AR37	Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de la glorieta.	.xlsx
AR38	Informe de consolidación y chequeo normativo de diseño geométrico.	.docx

Como método de validación de los hallazgos relacionados a los procesos de diseño geométrico y demás características de la metodología tradicional, se realizó una revisión y comparación de los procesos y productos identificados, donde fueron considerados los siguientes documentos: 1) Manual de Servicios de Consultoría para Estudios y Diseños, Interventoría de Estudios y Diseños y Gerencia de Proyectos en INVIAS - Sociedad Colombiana de Ingenieros (Sociedad Colombiana de Ingenieros, 2014), 2) Estudios a Nivel de Fase III Requerimientos Técnicos Estudios y Diseño de Carreteras Fase III – Agencia Nacional de Infraestructura (Instituto Nacional de Invias, 2011), 3) Optimización y Diseño del Sistema Vial del Sector Compreendido por la Intersección de la Avenida Ferrocarril con la Carrera 28 y la Diagonal 49 y su articulación con el corredor de la calle 52 hasta la carrera 34C y carrera 34C entre calles 52 y 52^a – Barrancabermeja, Santander (Sanabria, 2014).

Con los resultados del proceso de validación, fue posible mejorar las fichas de caracterización de los procesos y productos del diseño geométrico de las intersecciones viales a desnivel. Adicional a esto, fueron identificados nuevos procesos y productos que no habían sido identificados en la revisión del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008).

1.10 Implementación BIM al diseño geométrico de intersecciones a desnivel

La implementación de BIM a los procesos de diseño geométrico de intersecciones viales a desnivel se realizó a partir de la metodología expuesta por *BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.2 - The Pennsylvania State University* (Messner et al., 2019), la cual fue seleccionada teniendo en cuenta su relevancia a nivel mundial en la implementación de BIM a proyectos de construcción, además de compatibilidades con el método Integrated Project Delivery – IPD y regulaciones vigentes en diferentes países que reglamentan la adopción de BIM en proyectos de construcción. Dicha metodología está compuesta por 4 etapas: 1) identificación de objetivos de la implementación BIM y usos BIM, 2) diseño del proceso de ejecución del proyecto, 3) desarrollo de intercambios de información, y 4) definición de la infraestructura de soporte para la implementación BIM. A continuación, se presenta la metodología llevada a cabo para cada una de las cuatro etapas mencionadas:

1.10.1 Identificación de objetivos de la implementación BIM y usos BIM

El punto de partida del proceso implementación consiste en la identificación de los objetivos en los que se fundamentará la implementación BIM a los procesos de diseño identificados en la primera etapa de la metodología de investigación (ver Tabla 1). Considerando el alcance de la presente investigación fueron asumidos los siguientes objetivos: 1) mitigar cambios y errores de diseño geométrico de intersecciones viales a desnivel, 2) integrar el diseño geométrico a un proceso colaborativo con otras disciplinas de diseño, 3) propender la participación de actores claves en etapas tempranas del proyecto, 4) involucrar a los procesos de diseño las herramientas: Visual Management, Big Room, y Value Stream Mapping de la filosofía Lean Construction, 5)

procurar la integración BIM – Lean en el proceso de diseño de intersecciones a desnivel, y 6) diseñar un ambiente propicio para la aplicación del método de entrega de proyectos Integrated Project Delivery – IPD.

A continuación, se realizó la identificación de usos BIM compatibles con los requerimientos de los procesos de diseño identificados. Donde, un uso BIM es definido como: “una tarea o procedimiento único en un proyecto que puede beneficiarse de la integración BIM en ese proceso” (Messner et al., 2019). Para la identificación de dichos usos fue realizada una revisión documental, con la cual fue posible identificar un conjunto de 50 usos BIM aplicables a los proyectos de diseño de las intersecciones viales. Finalizada la revisión, cada uso de BIM fue asignado a los procesos identificados (ver Tabla 1), esto con la finalidad de caracterizar los usos con aplicabilidad a los procesos, y en caso contrario, descartar aquellos sin aplicabilidad.

1.10.2 Diseño del proceso de ejecución del proyecto

El diseño de la ejecución del proyecto consistió en la asignación de una secuencia de elaboración de los procesos requeridos para llevar a cabo las actividades del diseño geométrico, para lo cual se consideraron los procesos identificados en la metodología tradicional (ver Tabla 1) y los usos BIM identificados en la revisión documental. Debido a los cambios inducidos por la adopción de BIM, surgió la necesidad de modificar algunos de los procesos y agregar otros. Dichas modificaciones fueron planteadas en función de los productos relacionados a los procesos involucrados, así se garantizó que tales procesos condujeran a mínimo los productos identificados en la metodología tradicional, esto para garantizar que la metodología de diseño con la implementación BIM conlleve a un mínimo de los mismos resultados de la metodología tradicional.

Una vez los procesos fueron modificados se prosiguió a establecer un orden secuencial con base en la metodología de mapas de procesos generales y específicos expuestas por *BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.2 - The Pennsylvania State University* (Messner et al., 2019). El proceso inicio con la definición de un mapa de procesos general en el cual se bosquejaron los usos BIM relacionados a cada proceso y los archivos de entrada y salida, esto permitió obtener una buena idea del flujo de documentos que se presenta durante el desarrollo del diseño, lo cual se utilizó en el desarrollo de los intercambios de información. Una vez finalizado el mapa general se prosiguió con la elaboración de los mapas de procesos detallados de cada uno de los procesos enunciados en el mapa general, actividad que fue desarrollada en conjunto con la investigación doctoral del codirector del presente trabajo, el profesor Omar Giovanni Sánchez Rivera durante la pasantía de investigación en la Universitat Politècnica de Valencia bajo la supervisión del Doctor Eugenio Pellicer Armiñana.

1.10.3 Desarrollo de intercambios de información

A partir del mapa general y mapas detallados se realizó un análisis de los intercambios de información que se dan en los diferentes procesos, lo cual se realizó tomando en cuenta la secuencia de los procesos y los archivos de entrada y salida. Con lo cual fue posible verificar y ajustar la metodología para garantizar que todos los productos requeridos fuesen generados con anterioridad al momento de ser necesarios y con el nivel de detalle requerido por los procesos subsecuentes. De igual manera, este proceso permitió identificar el intercambio de información entre los Stakeholders identificados, además de los procesos de colaboración requeridos en actividades o procesos de toma de decisiones, esto enmarcado en los principios del método de entrega de proyectos Integrated Project Delivery – IPD. Otro aspecto importante que se verifico y diseño en esta etapa fue el formato requerido para cada uno de los archivos con la finalidad de

asegurar compatibilidad y coherencia entre la información procesada y producida por las distintas disciplinas de diseño.

1.10.4 Definición de la infraestructura de soporte para la implementación BIM

Con los resultados de las etapas previas, se realizó la definición de los aspectos relacionados con la infraestructura de soporte necesaria para la implementación de BIM, donde se definieron: roles del personal requerido para la ejecución de los procesos con la implementación de BIM, procesos operativos en el desarrollo de los modelos BIM, intercambios de información BIM, requerimientos de equipos informáticos, procesos de colaboración, controles de calidad del modelo, requerimientos tecnológicos adicionales, estructura de los modelos de las disciplinas de diseño, delimitación de entregables, entre otros.

1.11 Implementación Lean Construction al diseño geométrico de intersecciones a desnivel

La implementación de la filosofía de reducción de pérdidas Lean Construction fue realizada a partir de una adaptación a la metodología expuesta por la guía *Lean Deployment Planning Guide* del Lean Construction Institute (Messner et al., 2018). Así, la metodología de implementación Lean estuvo compuesta por cinco etapas: 1) identificación de procesos para implementación Lean, 2) selección y asignación de herramientas Lean, 3) integración a las actividades del proyecto, 4) caracterización de la integración BIM – Lean y 5) planificación de la implementación Lean.

1.11.1 Identificación de procesos para implementación Lean

La etapa inicial de la implementación Lean Construction consistió en la identificación de procesos del diseño geométrico de la intersección vial, que requieren la aplicación de los principios y técnicas de la filosofía Lean Construction para reducir cambios y errores del diseño, esto alineado con el alcance establecido para la presente investigación. La actividad de identificación se fundamentó en los procesos caracterizados en el desarrollo de las etapas I y II de la metodología expuesta. El método consistió en el análisis de: características propias de los procesos, intercambios de información, relación existente entre procesos, e interacción de los Stakeholders involucrados, con lo cual se identificó y seleccionó un conjunto inicial de procesos.

1.11.2 Selección y asignación de herramientas Lean

Con los procesos seleccionados en la primera etapa de implementación Lean, se procedió a realizar una selección de las herramientas Lean adecuadas para atender a los requerimientos planteados por los procesos analizados. Acorde al alcance establecido, el proceso conllevó a la selección de las herramientas: Visual Management, Big Room y Value Stream Mapping. Cada una de las herramientas fue caracterizada mediante la definición de: beneficios, recursos requeridos para la integración, definición de métricas de progreso, requerimientos de formación, planificación de la comunicación y técnicas de mejoramiento continuo.

A continuación, la asignación de herramientas Lean fue realizada de acuerdo a: requerimientos de los procesos, usos BIM involucrados a los procesos en análisis, características de las herramientas Lean, y Stakeholders relacionados. En el proceso de asignación, se procuró lograr el mayor beneficio de la implementación conjunta de las herramientas Lean y los usos de BIM, donde se observó que los enfoques son complementarios y pueden potenciarse entre sí. Por otro lado, en

el proceso de asignación se observó la necesidad incluir en los mapas de procesos general y detallados (ver sección 3.2) subprocessos adicionales para soportar las actividades requeridas en la implementación las herramientas Lean estudiadas.

1.11.3 Integración Lean a las actividades del proyecto

Con los resultados del proceso de asignación de herramientas, se procedió a la integración de la implementación Lean a los procesos del diseño geométrico de intersecciones viales a desnivel bosquejados en los mapas de procesos generales y detallados elaborados en el proceso de implementación BIM (ver sección 3.2). En dichos mapas fue necesaria la inclusión de algunos procesos adicionales para dar soporte a la implementación Lean, los cuales fueron detallados en la etapa de planificación de la implementación Lean.

1.11.4 Caracterización de la integración BIM – Lean

La caracterización de la implementación conjunta de los enfoques BIM – Lean fue realizada a partir de la concordancia de las herramientas Lean con los usos BIM en los procesos definidos para el diseño de intersecciones a desnivel. Se consideraron: características tanto de los usos como de las herramientas, necesidades de los procesos para reducir cambios y errores, estudios previos de la implementación BIM – Lean en proyectos de construcción y otros.

1.11.5 Planificación de la implementación Lean

Con los resultados de las etapas I, II, III y IV, se procedió a la planificación de la implementación Lean, lo cual fue realizado mediante el diligenciamiento del formato que se muestra en la Figura

13 y para cada una de las ocasiones en las que se propone la implementación de las herramientas Lean seleccionadas y bosquejados en los mapas general y detallados.

Código:	Herramienta Lean :																					
Objetivo:	Stakeholders involucrados:																					
Proceso del diseño:																						
Requerimientos para implementación Lean:																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Desglose de tareas</th> <th>Parte responsable</th> <th>Hito</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Desglose de tareas	Parte responsable	Hito																		
Desglose de tareas	Parte responsable	Hito																				
Usos BIM relacionados:																						

Métricas			
Métricas	¿Quien?	¿Cuando?	
Archivos de entrada			
Archivo	Formato		
Archivos de salida (entregables)			
Archivo	Formato		
Software requerido			
Archivo	Formato		
Plan de comunicación			
Mensaje	Medio	Audiencia	Responsable

Figura 13. Formato para la planificación de la implementación lean – parte I.

1.12 Implementación Integrated Project Delivery al diseño geométrico de intersecciones a desnivel

La implementación de IPD se realizó a partir de los lineamientos expuestos en *Integrated Project Delivery: A Guide - American Institute of Architects* (Messner et al., 2019), donde se presenta la configuración de un proyecto integrado con los principios IPD a partir de la realización de 4 etapas principales: 1) configuración del equipo IPD y su funcionamiento, 2) definición de roles, responsabilidades y alcances de los servicios, 3) definición y medición de los resultados del proyecto, y 4) definición de consideraciones legales. Lo anterior fue integrado a la metodología de diseño de intersecciones obtenida a partir de los resultados de las Etapas I, II, y III, para lo cual se

aprovechó la compatibilidad del método IPD con la metodología utilizada en el proceso de implementación BIM (ver sección 3.2).

1.12.1 Configuración del equipo IPD y su funcionamiento

La primera parte de la implementación del método de entrega IPD consiste en la configuración del equipo humano que será el encargado de la entrega del proyecto, de la misma forma, comprende el diseño del funcionamiento de dicho equipo. Para la integración de esta actividad a la metodología de diseño de intersecciones viales, se agregó el proceso “configuración inicial del proyecto IPD” al mapa general de la metodología desarrollado en la Etapa II de la investigación (sección 3.2), una vez agregado el proceso se procedió al planteamiento del mapa detallado, donde fueron incluidos subprocesos relacionados con la definición de: equipo de trabajo, tipo de participantes, alcance del proyecto, términos del contrato IPD, recursos financieros, criterios de sostenibilidad, regulaciones y restricciones, entre otros.

1.12.2 Definición de roles, responsabilidades y alcances de los servicios

Definido el equipo de trabajo, el proceso de implementación IPD continua con la definición de roles, responsabilidades y alcances de los servicios de los miembros seleccionados dentro del equipo de trabajo. Para la integración de dichos aspectos a la metodología de diseño de intersecciones viales, se incluyeron subprocesos al mapa del proceso denominado “configuración inicial del proyecto IPD” relacionados con la definición de: roles, responsabilidades, alcances, beneficios, riesgos, acuerdos de confidencialidad, intercambios de información, protocolos de comunicación, calendario de prestación de servicios, procesos de revisiones, toma de decisiones, entre otros. Adicional a lo anterior, fueron agregados a la metodología un conjunto de procesos

relacionados con la aplicación los principios IPD en donde fueron considerados procesos de toma de decisiones colaborativos, al igual que la integración de participantes clave del proyecto en las etapas tempranas.

1.12.3 Definición y medición de los resultados del proyecto

Para procurar el desarrollo exitoso del proyecto mediante la implementación del método de entrega IPD, se contemplan la aplicación de un conjunto de métricas para controlar y monitorear el proyecto, dentro de las métricas pueden ser aplicados conceptos tales como: metas, costos objetivos, tiempos, controles de calidad entre otros. Para vincular tales aspectos a la metodología de diseño planteada se incluyeron un conjunto de subprocesos en varios de los procesos considerados dentro de la metodología, los cuales fueron enfocados en la definición y medición de los resultados del proyecto, procurando una compatibilidad con los procedimientos expuestos con el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008).

1.12.4 Definición de consideraciones legales

La etapa final de la configuración del proyecto IPD contempla la definición de los aspectos legales que se requieren para la implementación de los principios IPD al proyecto. Para la inclusión de tales aspectos a la metodología de diseño de intersecciones se adiciono un subproceso al mapa “configuración inicial del proyecto IPD” enfocado en la definición de los aspectos legales que involucra la aplicación del método IPD al diseño de intersecciones a desnivel.

1.13 Caracterización de la metodología

La caracterización de la metodología propuesta para el diseño de intersecciones viales a desnivel fue realizada a partir de los mapas de procesos generales y detallados desarrollados durante las etapas I, II, III, y IV, para lo cual se realizaron fichas de caracterización de los procesos obtenidos. Las fichas fueron diseñadas para enunciar aspectos relacionados con cada proceso, tales como: código, nombre, descripción, documentos entrada, documentos de salida, responsables, usos BIM, y herramientas Lean. Adicional a lo anterior, cada uno de los mapas tanto el general y los detallados fueron ilustrados de tal forma que es posible identificar: secuencia de los procesos, usos BIM involucrados, herramientas Lean, procesos IPD, responsables, y documentos de entrada y salida. Por otro lado, se elaboraron documentos de soporte para caracterizar aspectos como: almacenamiento y gestión de archivos, intercambios de información, formatos de planificación para la implementación Lean e IPD, entre otros. Con lo descrito anteriormente, la metodología diseñada en la presente investigación podrá ser aplicada a cualquier proyecto de intersección vial a desnivel que satisfaga las características del alcance de la investigación.

1.14 Validación y calibración de la metodología

El proceso de validación y calibración de la metodología propuesta para el diseño de intersecciones a desnivel fue realizado a partir de 3 etapas principales: 1) revisión y comparación documental, 2) ecuaciones de balance para archivos de entrada y salida, 3) aplicación de la metodología a un caso de estudio.

1.14.1 Revisión y comparación documental

El proceso de validación y calibración inicio con la revisión detallada de los procesos y productos identificados en el diseño de la metodología, para lo cual fueron revisados los siguientes documentos: 1) Manual de Servicios de Consultoría para Estudios y Diseños, Interventoría de Estudios y Diseños y Gerencia de Proyectos en INVIAS - Sociedad Colombiana de Ingenieros (Sociedad colombiana de Ingenieros, 2014), 2) Estudios a Nivel de Fase III Requerimientos Técnicos Estudios y Diseño de Carreteras Fase III – Agencia Nacional de Infraestructura (Instituto Nacional de Invias, 2011), 3) Optimización y Diseño del Sistema Vial del Sector Comprendido por la Intersección de la Avenida Ferrocarril con la Carrera 28 y la Diagonal 49 y su articulación con el corredor de la calle 52 hasta la carrera 34C y carrera 34C entre calles 52 y 52^a – Barrancabermeja, Santander (Sanabria, 2014).

1.14.2 Ecuaciones de balance para archivos de entrada y salida

La segunda parte de la validación y calibración de la metodología estuvo relacionada con el análisis de las ecuaciones de balance de los archivos de entrada y salida con base en lo expuesto en *BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.2 - The Pennsylvania State University* (Messner et al., 2019). El proceso se fundamentó en garantizar que la información de salida de los procesos fuese suficiente para satisfacer las necesidades de procesos subsecuentes en los intercambios de información relacionados a los distintos subprocesos.

1.14.3 Aplicación de la metodología a dos casos de estudio

Con los ajustes realizados en las dos primeras etapas de la validación y calibración, se procedió a la aplicación de la metodología en dos casos de estudio del diseño geométrico de intersecciones viales a desnivel, esto con la finalidad de validar el funcionamiento de la metodología propuesta y corroborar su compatibilidad con el método IPD y la filosofía LC. Los casos de estudio seleccionados fueron: 1) la intersección vial en “T” generada en la vía Bucaramanga - San Gil, en el cruce donde los vehículos que se dirigen a la Mesa de los Santos, Santander realizan el desvío, y 2) la intersección vial en “X” formada por los corredores viales de la vía que conduce de la ciudad de Bogotá a la ciudad de Tunja y la vía que conduce del municipio de Sopo, Cundinamarca al municipio de Tocancipa, Cundinamarca. Las dos intersecciones fueron seleccionadas por concepto de la disponibilidad de información del sitio de la intersección vial y la viabilidad para el mejoramiento de las intersecciones analizadas mediante la disposición de una intersección vial a desnivel tipo trompeta en el caso de la intersección en “T” y tipo trébol en el caso de la intersección en “X”. Con la aplicación de la metodología de diseño propuesta a las intersecciones descritas fue posible detectar diferentes cuestiones, las cuales fueron ajustadas siendo así un método efectivo de calibración y validación.

Resultados y discusión

1.15 Caracterización de la metodología de diseño geométrico de intersecciones viales a desnivel

La caracterización de la metodología tradicional del diseño de intersecciones viales a desnivel se presenta mediante mapas de procesos y fichas de características para cada uno de los procesos de la Fase III – Diseños Definitivos enunciados en el mapa descrito. Lo cual satisface el cumplimiento del primer objetivo específico propuesto en la presente investigación. A continuación, se presentan en detalle cada uno de los resultados enunciados:

1.15.1 Mapa de procesos: metodología tradicional

La Figura 14 muestra un conjunto de procesos necesarios para el desarrollo de la fase de *pre-factibilidad* del diseño de una intersección a desnivel, la cual está enfocada en el planteamiento y selección de alternativas de diseño, donde la selección de alternativa es realizada mediante una evaluación económica de los costos relacionados con: mantenimiento, operación, construcción, entre otros. Así, la fase de pre-factibilidad del diseño de la intersección se enfoca en el análisis de la viabilidad económica del proyecto. Por otro lado, la Figura 15 muestra el conjunto de procesos de diseño de la fase de *factibilidad* que se enfoca principalmente en el diseño definitivo de los ejes en planta de la intersección y pre-diseños de perfiles, secciones transversales y demás elementos del

proyecto además de una evaluación económica más detallada que la realizada en la fase de pre-factibilidad. Finalmente, la Figura 16 muestra los procesos de la fase de *diseños definitivos*, la cual se enfoca principalmente en el diseño detallado de la totalidad de los elementos de construcción que componen el proyecto, siendo la fase en la que se enfoca la presente investigación.

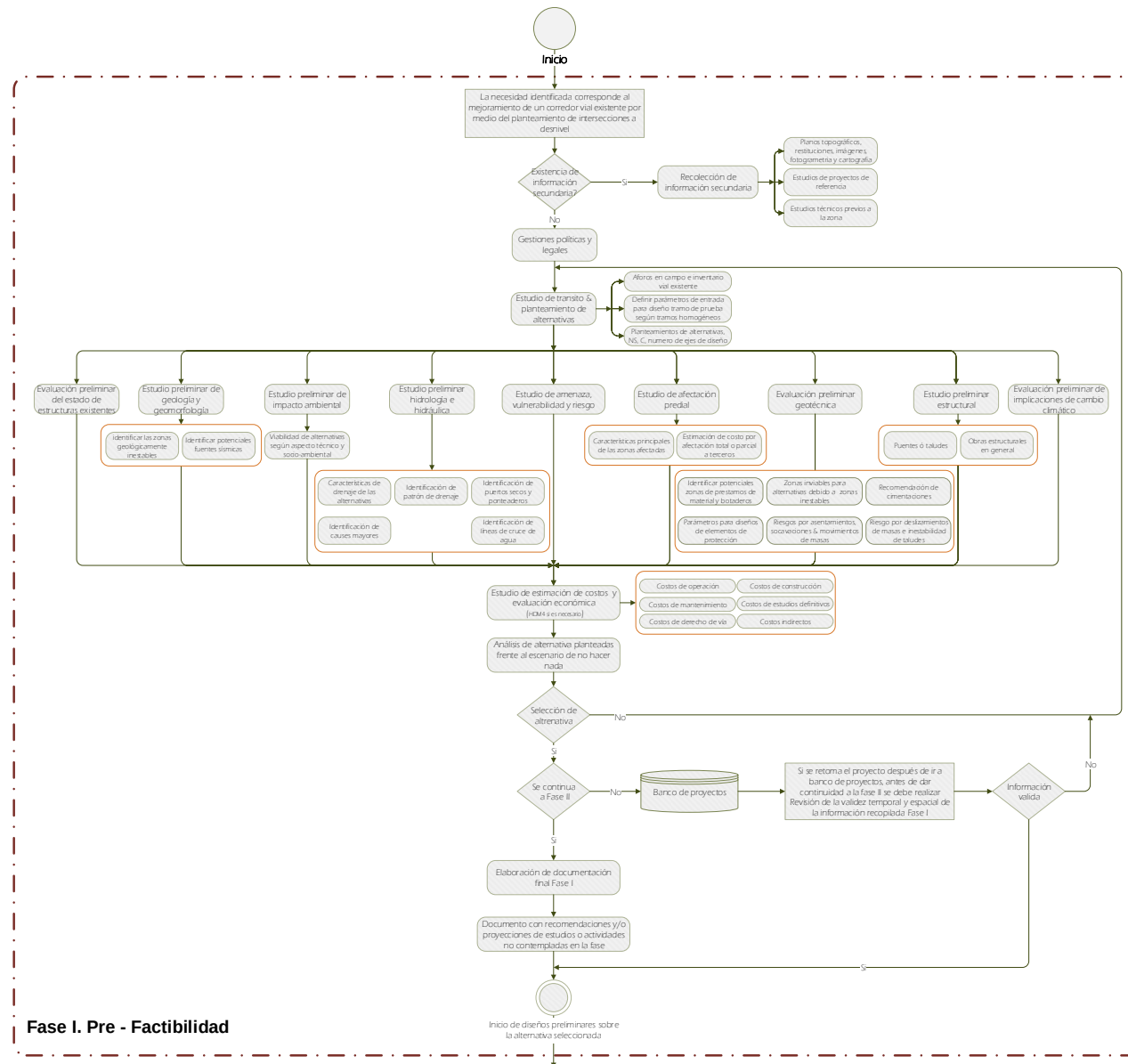


Figura 14. Mapa de procesos del diseño geométrico de intersecciones a desnivel – Fase I. Pre - Factibilidad.

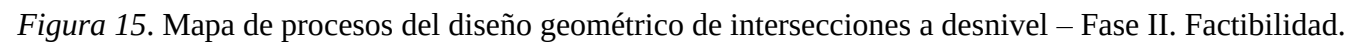


Figura 15. Mapa de procesos del diseño geométrico de intersecciones a desnivel – Fase II. Factibilidad.

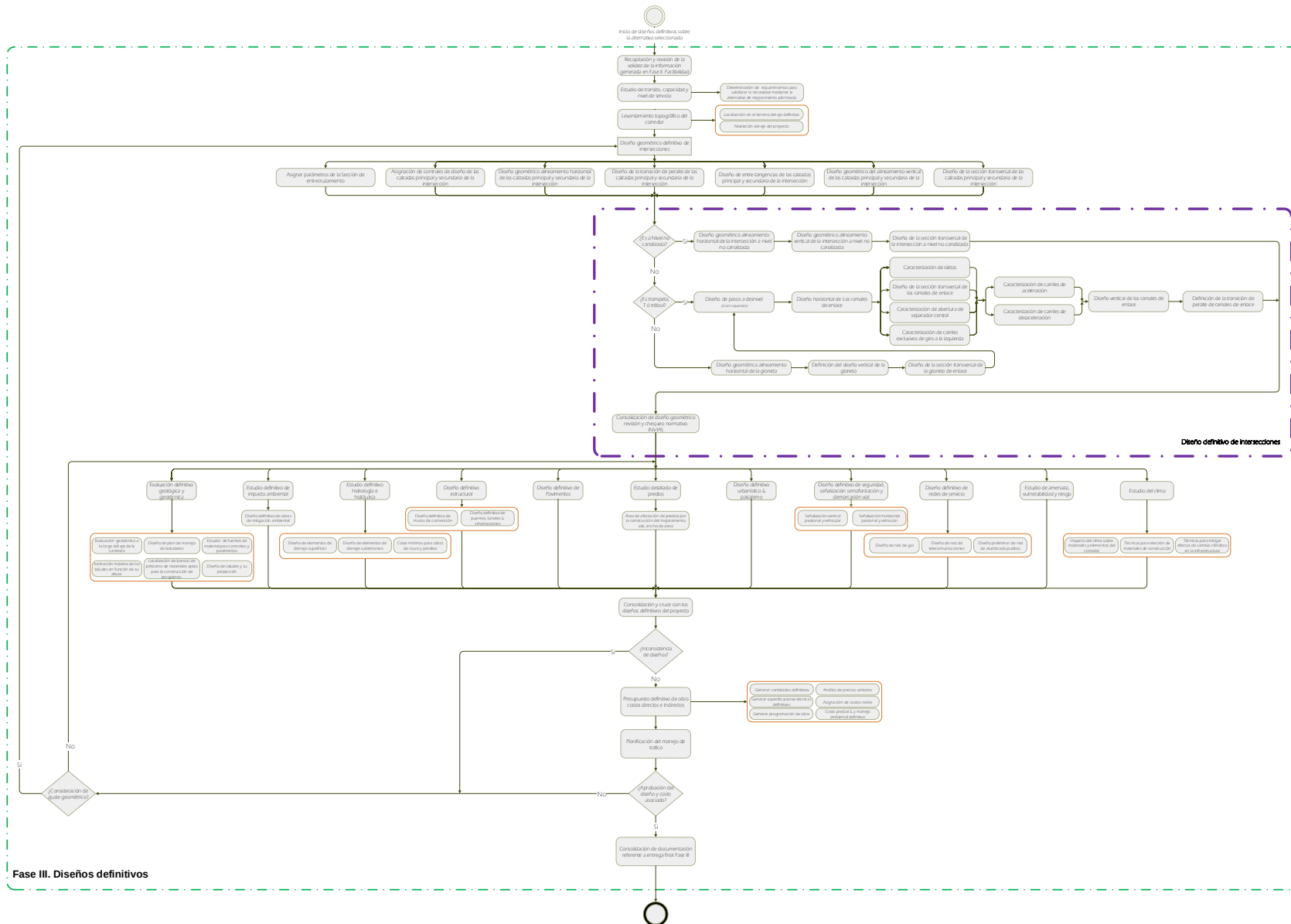


Figura 16. Mapa de procesos del diseño geométrico de intersecciones a desnivel – Fase III. Diseños definitivos.

1.15.2 Características de procesos de diseño

Las Tablas evidenciadas en Anexos A “Fichas de caracterización” muestran las fichas de características de los procesos y las Tablas, evidenciadas en Anexos B “Contenido de documentos”, muestran el contenido de los documentos desarrollados en tales procesos, que a su vez son mostrados en los mapas presentados en las Figuras 14, 15 y 16 los cuales están relacionados con diseño de intersecciones viales a desnivel según el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS y los documentos seleccionados para el proceso de validación. Las fichas de características incluyen para cada proceso información relacionada con: código, nombre, descripción, responsables, entradas y salidas. Información que es utilizada como base para el desarrollo de la metodología propuesta en la presente investigación.

1.16 Implementación BIM al diseño geométrico de intersecciones a desnivel

Tomando en consideración los procesos de diseño de la metodología tradicional y sus respectivas características, presentadas en la sección 4.1. En esta sección se muestran los detalles de la implementación BIM a dichos procesos.

1.16.1 Usos y procesos BIM

A partir de los usos BIM identificados en la revisión de literatura realizada (ver Tabla 4) y los procesos de diseño de la metodología tradicional (ver Figuras 14, 15 y 16), se presenta un conjunto de nuevos procesos para el desarrollo del diseño de una intersección vial, los cuales son definidos de acuerdo a las modificaciones inducidas por la implementación de BIM (ver Tabla 4), de la misma forma se presenta la interrelación entre procesos BIM y usos BIM.

Tabla 4. Usos BIM, procesos y sub-procesos con metodología BIM e interrelación entre usos y procesos

ID	Procesos y sub-procesos con metodología BIM	Usos BIM	IDBIM
PBIM01	Actualización de levantamiento de redes existentes	Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto.	UBIM1
		Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
		Análisis de instalaciones subterráneas.	UBIM35
		Análisis y diseño eléctrico y telecomunicaciones.	UBIM7
PBIM02	Actualización del entorno de la intersección	Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto.	UBIM1
		Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
PBIM03	Consolidación de documentación referente a entrega final Fase III	N/A	N/A
PBIM04	Consolidación y chequeo de interferencias de diseños definitivos	Análisis de interferencias e inconsistencias de diseño.	UBIM4
		Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
		Revisión automática de diseños.	UBIM5
PBIM05	Consolidación de las condiciones existentes	Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto.	UBIM1
		Revisión automática de diseños.	UBIM5
PBIM06	Diseño definitivo de Pavimentos	Análisis de interferencias e inconsistencias de diseño.	UBIM4
		Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
		Revisión automática de diseños.	UBIM5
		Análisis del pavimento del corredor vial.	UBIM6
		Estimación de costos y cantidades.	UBIM31
PBIM07	Diseño definitivo de redes de servicio	Análisis de interferencias e inconsistencias de diseño.	UBIM4
		Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2

ID	Procesos y sub-procesos con metodología BIM	Usos BIM	IDBIM
		Revisión automática de diseños.	UBIM5
		Análisis y diseño eléctrico y telecomunicaciones.	UBIM7
		Análisis de instalaciones subterráneas.	UBIM35
		Estimación de costos y cantidades.	UBIM31
PBIM08	Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial (SSS&D)	Análisis de interferencias e inconsistencias de diseño.	UBIM4
		Diseño y evaluación de instalaciones viales del proyecto.	UBIM8
		Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
		Revisión automática de diseños.	UBIM5
		Simulación del manejo.	UBIM9
		Análisis de la seguridad vial.	UBIM10
		Análisis de luminosidad experimentada por el corredor vial.	UBIM11
		Estimación de costos y cantidades.	UBIM31
PBIM09	Diseño definitivo estructural	Análisis de interferencias e inconsistencias de diseño.	UBIM4
		Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
		Revisión automática de diseños.	UBIM5
		Análisis y diseño de estructuras.	UBIM12
		Estimación de costos y cantidades.	UBIM31
PBIM10	Diseño definitivo hidráulico	Análisis del drenaje del corredor vial.	UBIM19
		Análisis de instalaciones subterráneas.	UBIM35
		Estimación de costos y cantidades.	UBIM31
PBIM11	Diseño definitivo urbanístico & paisajismo	Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto.	UBIM1
		Análisis de interferencias e inconsistencias de diseño.	UBIM4
		Revisión automática de diseños.	UBIM5
		Diseño y evaluación de instalaciones viales del proyecto.	UBIM8
		Estimación de costos y cantidades.	UBIM31
PBIM12		Optimización del alineamiento del corredor vial.	UBIM14

ID	Procesos y sub-procesos con metodología BIM	Usos BIM	IDBIM
	Diseño geométrico definitivo de intersecciones	Análisis de interferencias e inconsistencias de diseño.	UBIM4
		Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
		Revisión automática de diseños.	UBIM5
		Diseño geométrico del corredor vial.	UBIM15
		Análisis de movimientos de tierra.	UBIM16
		Análisis de la seguridad vial.	UBIM10
		Estimación de costos y cantidades.	UBIM31
PBIM13	Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo	Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
		Análisis de las zonas vulnerables a desastres naturales.	UBIM17
PBIM14	Estudio de estructuras existentes	Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto.	UBIM1
		Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
		Análisis y diseño de estructuras	UBIM12
PBIM15	Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio	Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto.	UBIM1
		Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
		Revisión automática de diseños.	UBIM5
PBIM16	Estudio definitivo de impacto ambiental	Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
		Análisis ambiental.	UBIM18
		Análisis de la sostenibilidad vial	UBIM20
		Estimación de costos y cantidades.	UBIM31
PBIM17	Estudio definitivo hidrología e hidráulica	Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto.	UBIM1
		Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
		Análisis del drenaje del corredor vial.	UBIM19
PBIM18	Estudio del clima	Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
		Análisis de la sostenibilidad vial.	UBIM20

ID	Procesos y sub-procesos con metodología BIM	Usos BIM	IDBIM
		Análisis del impacto de la radiación solar en el corredor vial.	UBIM21
PBIM19	Estudio detallado de predios	Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto.	UBIM1
		Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
		Estimación de costos y cantidades.	UBIM31
PBIM20	Evaluación del presupuesto cronograma de obra y a análisis de constructibilidad definitivo	Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
		Análisis de la seguridad de la construcción para su ejecución.	UBIM22
		Planificación de materiales y equipos para la construcción del corredor vial.	UBIM23
		Planificación del sitio.	UBIM24
		Planificación del recurso humano para la construcción del corredor vial.	UBIM25
		Optimización de la construcción a partir de un modelo 4D.	UBIM26
		Planificación de la construcción a partir de un modelo 4D.	UBIM27
		Análisis de la constructibilidad del proyecto.	UBIM28
		Estimación de tiempo de las actividades de construcción.	UBIM29
		Análisis del costo del corredor vial a partir de un modelo 5D.	UBIM30
		Estimación de costos y cantidades.	UBIM31
PBIM21	Estudio definitivo geológico y geotécnico	Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto.	UBIM1
		Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
		Revisión automática de diseños.	UBIM5
		Análisis de movimientos de tierra.	UBIM16
		Análisis geológico y geotécnico en el corredor vial.	UBIM32
		Estimación de costos y cantidades.	UBIM31

ID	Procesos y sub-procesos con metodología BIM	Usos BIM	IDBIM
PBIM22	Levantamiento topográfico del corredor	Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto.	UBIM1
		Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
		Revisión automática de diseños.	UBIM5
PBIM23	Planificación del manejo de tráfico	Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
		Revisión automática de diseños.	UBIM5
		Análisis del plan de manejo de tráfico.	UBIM33
		Planificación del sitio.	UBIM24
		Estimación de costos y cantidades.	UBIM31
PBIM24	Recopilación y revisión de la validez de la información generada en Fase II. Factibilidad	Revisión automática de diseños.	UBIM5
PBIM25	Simulación definitiva de tránsito	Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto.	UBIM1
		Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño.	UBIM2
		Revisión automática de diseños.	UBIM5
		Diseño y simulación del tráfico.	UBIM34
		Simulación del manejo.	UBIM9

1.16.2 Modelos BIM

Con la asignación de usos BIM y la definición de procesos BIM (ver sección 4.2.1), fueron identificados un conjunto de 31 modelos BIM que son generados en la realización de las actividades de diseño de un proyecto de intersección vial (ver Tabla 5), dichos modelos fueron definidos en función de los flujos de trabajo característicos de los softwares: Autodesk Infracore, Autodesk Navisworks, Autodesk Revit, y Autodesk BIM 360, estos fueron seleccionados teniendo en cuenta el alcance establecido para la presente investigación. Los modelos BIM mencionados son adicionados a los 38 archivos identificados en la metodología tradicional (ver Tabla 3), sin

embargo, se destaca el hecho que cada uno de los modelos puede generar la mayoría de los documentos de la metodología tradicional a través de procesos automatizados. La identificación de los archivos BIM mencionados se realizó con la finalidad de caracterizar la metodología propuesta y el diseño de los flujos de trabajo que serán presentados en secciones posteriores.

Tabla 5. *Modelos BIM producidos por la implementación del enfoque BIM al diseño geométrico de intersecciones a desnivel*

ID	Archivos productos de la implementación BIM	Formato
ARBIM01	Modelo 3D definitivo intersección vial configuraciones.	.sqlite
ARBIM02	Anexos modelo 3D configuraciones.	Varios
ARBIM03	Modelo 3D definitivo intersección vial ensamblaje.	.sqlite
ARBIM04	Anexos de modelo 3D ensamblaje.	Varios
ARBIM05	Modelo 3D definitivo sección de entrecruzamiento	.sqlite
ARBIM06	Modelo 3D definitivo controles de diseño	.sqlite
ARBIM07	Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección	.sqlite
ARBIM08	Modelo 3D geométrico transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección (ARBIM08).	.sqlite
ARBIM09	Modelo 3D geométrico entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección	.sqlite
ARBIM10	Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección	.sqlite
ARBIM11	Modelo 3D geométrico sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección	.sqlite
ARBIM12	Informe de chequeo	.docx
ARBIM13	Modelo 3D geométrico calzadas principal y secundaria de la intersección	.sqlite

ID	Archivos productos de la implementación BIM	Formato
ARBIM14	Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada	.sqlite
ARBIM15	Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada	.sqlite
ARBIM16	Modelo 3D geométrico sección transversal de la intersección a nivel no canalizada	.sqlite
ARBIM17	Modelo 3D geométrico pasos a desnivel	.sqlite
ARBIM18	Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de los ramales de enlace	.sqlite
ARBIM19	Modelo 3D geométrico caracterización de isletas	.sqlite
ARBIM20	Modelo 3D sección transversal de los ramales de enlace	.sqlite
ARBIM21	Modelo 3D caracterización de abertura de separador central	.sqlite
ARBIM22	Modelo 3D geométrico carriles exclusivos de giro a la izquierda	.sqlite
ARBIM23	Modelo 3D geométrico carriles de aceleración	.sqlite
ARBIM24	Modelo 3D geométrico carriles de desaceleración	.sqlite
ARBIM25	Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de los ramales de enlace	.sqlite
ARBIM26	Modelo 3D geométrico transición de peralte de ramales de enlace	.sqlite
ARBIM27	Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de la glorieta	.sqlite
ARBIM28	Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de la glorieta	.sqlite
ARBIM29	Modelo 3D definitivo intersección vial	.sqlite
ARBIM30	Modelo 3D plan de manejo de tráfico	.sqlite
ARBIM31	Modelo 3D consolidación	.sqlite

1.16.3 Características de los procesos con la implementación BIM

Las tablas evidenciadas en el Anexo C “Caracterización de procesos BIM” presentan las características de los procesos del diseño de una intersección vial con la implementación de BIM, donde la caracterización de dichos procesos fue elaborada a partir de las características de los procesos identificados en el análisis de la metodología tradicional (ver Anexos A “Fichas de caracterización”). Se destaca que para cada proceso del diseño de una intersección vial con la implementación de BIM se incluye información relacionada con: código, nombre del proceso, descripción, participantes, carpetas de documentos de entrada, especificaciones de las carpetas de documentos de entrada, archivos de salida, usos BIM y herramientas Lean Construction. Con dicha información fue posible emprender el desarrollo de los mapas de procesos que son presentados en secciones posteriores. Al igual que en la caracterización de la metodología tradicional, en la caracterización de la metodología BIM se destaca el hecho que para cada subproceso relacionado con el diseño geométrico se realizó una ficha de características (ver PBIM12.1 a PBIM12.27) tomando en consideración el alcance establecido para la presente investigación, a diferencia de los procesos que no correspondían al diseño geométrico para los que fue realizada una ficha general, por tanto se recomienda que en futuras investigaciones sean detallados de mejor manera dichos procesos.

1.17 Implementación Lean Construction al diseño geométrico de intersecciones a desnivel

La implementación de la filosofía LC al diseño geométrico de las intersecciones a desnivel se realizó con base en las herramientas: Visual Management, Big Room y Value Stream Mapping.

1.17.1 Visual management

La herramienta de la filosofía Lean Construction denominada Visual Management consiste en una estrategia de trabajo enfocada en la aplicación de distintas herramientas visuales que incluyen colores, gráficos y otros para ayudar a los miembros del equipo de trabajo a desarrollar una mejor comprensión de diferentes cuestiones relacionadas con el proyecto, ayudando así a facilitar la comunicación de información entre participantes, por lo que la gestión visual tiene como principal objetivo el simplificar la comunicación a través del énfasis en la información relevante y el descarte de la información no relevante.

Debido a las características propias del diseño de intersecciones viales, la herramienta Visual Management presenta una alta aplicabilidad en los distintos procesos, esto tomando en consideración que el proceso involucra un gran volumen de información y un número significativo de participantes que interactúan entre sí, sumado a esto la implementación del enfoque BIM está asociada a notables beneficios relacionados con la visualización de réplicas digitales de los elementos del proyecto correspondientes a las distintas disciplinas de diseño involucradas.

Para el caso de la metodología de diseño propuesta, en la presente investigación se identificaron un conjunto de 25 actividades que pueden ser llevadas a cabo durante el desarrollo de los procesos definidos en secciones anteriores. Las actividades fueron asignadas a la metodología propuesta mediante la inclusión del código “VM” por las iniciales de Visual Management lo cual fue seguido de un número (ver sección 4.5.3) ejemplo “VM3” que fue asignado al proceso de “actualización del entorno de la intersección”. Con motivo de la versatilidad de la herramienta de Visual Management se observó que cada aplicación puede involucrar varias actividades las cuales son relacionadas en la Tablas 6 a 9, para las cuales son presentadas las características de cada una de las actividades descritas.

Tabla 6. *Implementación Visual Management (parte 1).*

ID	Herramienta	Actividades Visual Management	VM 1	VM 2	VM 3	VM 4	VM 5	VM 6	VM 7
1	Gráfico	Seguimiento del cronograma de actividades de diseño		✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	Pizarra	Asignación de tareas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	Pizarra	Pendientes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	Mapa procesos	Estructuración del trabajo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	BIM	Comunicación visual del avance del diseño	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	BIM	Evaluación de condiciones existentes		✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	BIM	Planificación de toma de información de campo		✓	✓			✓	✓
8	BIM	Identificación de colisiones e interferencias	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	BIM	Revisión de códigos de diseño	✓						
10	BIM	Control de solución de cuestiones de diseño		✓	✓	✓	✓	✓	✓
11	BIM	Monitoreo de actualización del modelo		✓	✓	✓	✓	✓	✓
12	BIM	Simulación de tránsito					✓		
13	BIM	Análisis de cuestiones paisajísticas		✓	✓				
14	BIM	Estudio de fuentes hídricas		✓	✓			✓	✓
15	BIM	Análisis del impacto ambiental		✓	✓	✓			
16	BIM	Análisis del impacto predial		✓	✓				
17	BIM	Análisis de iluminación							
18	BIM	Identificación de zonas de riesgo		✓	✓			✓	✓
19	BIM	Diseño de ingeniería							
20	BIM	Revisión del diseño según disciplina	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21	BIM	Revisión multidisciplinaria del diseño	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22	BIM	Análisis de seguridad							✓
23	BIM	Simulación digital BIM nD					✓		
24	Grafico/BIM	Indicadores de costo							
25	Grafico/BIM	Revisión documentación del diseño	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla 7. *Implementación Visual Management (parte 2).*

ID	Herramienta	Actividades Visual Management	VM 8	VM 9	VM 10	VM 11	VM 12	VM 13
1	Gráfico	Seguimiento del cronograma de actividades de diseño	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	Pizarra	Asignación de tareas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	Pizarra	Pendientes	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	Mapa procesos	Estructuración del trabajo	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	BIM	Comunicación visual del avance del diseño	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	BIM	Evaluación de condiciones existentes	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	BIM	Planificación de toma de información de campo	✓		✓	✓	✓	✓
8	BIM	Identificación de colisiones e interferencias	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	BIM	Revisión de códigos de diseño			✓	✓		✓
10	BIM	Control de solución de cuestiones de diseño	✓		✓	✓	✓	✓
11	BIM	Monitoreo de actualización del modelo	✓		✓	✓	✓	✓
12	BIM	Simulación de tránsito			✓			
13	BIM	Análisis de cuestiones paisajísticas			✓	✓		
14	BIM	Estudio de fuentes hídricas	✓		✓	✓	✓	✓
15	BIM	Análisis del impacto ambiental			✓		✓	✓
16	BIM	Análisis del impacto predial			✓			
17	BIM	Análisis de iluminación			✓			
18	BIM	Identificación de zonas de riesgo	✓		✓	✓		✓
19	BIM	Diseño de ingeniería			✓	✓		✓
20	BIM	Revisión del diseño según disciplina	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21	BIM	Revisión multidisciplinaria del diseño	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22	BIM	Análisis de seguridad	✓		✓	✓	✓	✓
23	BIM	Simulación digital BIM nD						
24	Grafico/BIM	Indicadores de costo			✓	✓		✓
25	Grafico/BIM	Revisión documentación del diseño	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla 8. *Implementación Visual Management (parte 3).*

ID	Herramienta	Actividades Visual Management	VM 14	VM 15	VM 16	VM 17	VM 18	VM 19
1	Gráfico	Seguimiento del cronograma de actividades de diseño	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	Pizarra	Asignación de tareas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	Pizarra	Pendientes	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	Mapa procesos	Estructuración del trabajo	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	BIM	Comunicación visual del avance del diseño	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	BIM	Evaluación de condiciones existentes	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	BIM	Planificación de toma de información de campo	✓	✓				
8	BIM	Identificación de colisiones e interferencias	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	BIM	Revisión de códigos de diseño		✓	✓	✓	✓	✓
10	BIM	Control de solución de cuestiones de diseño	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11	BIM	Monitoreo de actualización del modelo	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12	BIM	Simulación de tránsito						
13	BIM	Análisis de cuestiones paisajísticas	✓		✓		✓	✓
14	BIM	Estudio de fuentes hídricas		✓	✓	✓	✓	✓
15	BIM	Análisis del impacto ambiental		✓	✓	✓		
16	BIM	Análisis del impacto predial	✓		✓	✓	✓	
17	BIM	Análisis de iluminación			✓		✓	✓
18	BIM	Identificación de zonas de riesgo		✓	✓	✓	✓	✓
19	BIM	Diseño de ingeniería		✓	✓	✓	✓	✓
20	BIM	Revisión del diseño según disciplina	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21	BIM	Revisión multidisciplinaria del diseño	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22	BIM	Análisis de seguridad		✓	✓	✓	✓	✓
23	BIM	Simulación digital BIM nD						
24	Grafico/BIM	Indicadores de costo		✓	✓	✓	✓	✓
25	Grafico/BIM	Revisión documentación del diseño	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla 9. *Implementación Visual Management (parte 4).*

ID	Herramienta	Actividades Visual Management	VM 20	VM 21	VM 22	VM 23	VM 24	VM 25
1	Gráfico	Seguimiento del cronograma de actividades de diseño	✓	✓	✓	✓	✓	
2	Pizarra	Asignación de tareas	✓	✓	✓	✓	✓	
3	Pizarra	Pendientes	✓	✓	✓	✓	✓	
4	Mapa procesos	Estructuración del trabajo	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	BIM	Comunicación visual del avance del diseño	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	BIM	Evaluación de condiciones existentes	✓	✓	✓	✓	✓	
7	BIM	Planificación de toma de información de campo				✓	✓	
8	BIM	Identificación de colisiones e interferencias	✓	✓	✓	✓	✓	
9	BIM	Revisión de códigos de diseño	✓	✓		✓	✓	
10	BIM	Control de solución de cuestiones de diseño	✓	✓		✓	✓	
11	BIM	Monitoreo de actualización del modelo	✓	✓		✓	✓	
12	BIM	Simulación de tránsito					✓	
13	BIM	Análisis de cuestiones paisajísticas	✓	✓		✓	✓	
14	BIM	Estudio de fuentes hídricas		✓		✓	✓	
15	BIM	Análisis del impacto ambiental				✓		
16	BIM	Análisis del impacto predial		✓		✓		
17	BIM	Análisis de iluminación		✓		✓	✓	
18	BIM	Identificación de zonas de riesgo	✓	✓			✓	
19	BIM	Diseño de ingeniería	✓	✓		✓	✓	
20	BIM	Revisión del diseño según disciplina	✓	✓	✓	✓	✓	
21	BIM	Revisión multidisciplinaria del diseño	✓	✓	✓	✓	✓	
22	BIM	Análisis de seguridad	✓	✓	✓	✓	✓	
23	BIM	Simulación digital BIM nD				✓	✓	
24	Grafico/BIM	Indicadores de costo	✓	✓		✓	✓	
25	Grafico/BIM	Revisión documentación del diseño	✓	✓	✓	✓	✓	✓

1.17.1.1 Seguimiento del cronograma de actividades de diseño

Esta actividad consiste en el seguimiento y monitoreo de las actividades requeridas para el desarrollo de los procesos de diseño de las intersecciones, la cual se fundamenta en llevar a cabo un control del porcentaje de avance de las actividades planificadas en el cronograma del diseño a través del uso de gráficos que pueden ser del tipo: Gant, barras, pastel, etc. Los gráficos y cifras se disponen en un lugar público en el que los distintos participantes del proyecto tengan acceso y puedan actualizar de manera frecuente, de tal manera que se sea posible identificar de manera temprana posibles retrasos del diseño y restricciones a las actividades subsecuentes. Para la comunicación de los gráficos resulta factible la utilización de plataformas web en la nube o pizarras en el sitio de trabajo.

1.17.1.2 Asignación de tareas

Esta actividad consiste en el uso de herramientas visuales para la asignación de los deberes a los miembros de los equipos de trabajo responsables de la ejecución de los procesos de diseño, es llevada a cabo a partir del cronograma de actividades de diseño desarrollado en el proceso “planificación definitiva del cronograma de diseño Fase III” y consiste en la asignación detallada de tareas puntuales a cada uno de los participantes donde es recomendable establecer hitos en el tiempo e identificar responsables, características, restricciones y otros de las tareas asignadas de tal manera que sean documentadas y controladas para verificar el avance en periodos frecuentes mediante la gestión visual en pizarras de información o entornos virtuales. Esto permitirá identificar miembros del equipo de trabajo con bajas tasas de productividad, lo cual se podrá gestionar y mejorar.

1.17.1.3 Pendientes

Una actividad que consiste en la disposición de un medio visual que puede ser una pizarra, un formato digital u otro para informar a los participantes del equipo de trabajo las actividades pendientes de los diferentes procesos e incluso las restricciones que no han sido solucionadas, adicional al detalle de los pendientes es recomendable disponer campos para la inclusión de información tal como: responsables, fechas estimadas de inicio y final, estado, prioridad, y otros (ver Figura 17). Esto permitirá a los equipos de trabajo relacionados con las actividades tener un mayor control visual para gestionar de manera eficiente los pendientes y evitar situaciones indeseadas como: re-trabajos, retrasos, sobrecostos, diseños incompletos, entre otros.



Figura 17. Tablero de pendientes – Visual Management. Retrieved from <https://www.pinterest.es/pin/739505201291507812/>

1.17.1.4 Estructuración del trabajo

La actividad de estructuración del trabajo se encuentra directamente relacionada con la división del proceso general en procesos y subprocesos puntuales, con la finalidad de asignar a cada uno información relacionada con: recursos, tiempos, alcances y otros. En la presente investigación, la

estructuración del trabajo se realizó mediante la elaboración de los mapas generales y detallados realizados durante la implementación del enfoque BIM. Así, los mapas resultantes permitirán al equipo del proyecto comprender de manera visual el procedimiento requerido para el desarrollo de los entregables, con lo cual cada participante podrá asimilar de mejor manera sus responsabilidades, aportes, restricciones entre otros, además de esto se podrá obtener un punto de vista multidisciplinario donde cada miembro del equipo del proyecto podrá aportar al mejoramiento. Por lo anterior, se recomienda que en la aplicación de la metodología de diseño propuesta los mapas de procesos se encuentran a la vista de los participantes y existan canales de comunicación en los cuales sea posible presentar opciones de mejora.

1.17.1.5 Comunicación visual del avance del diseño

Esta actividad hace referencia al uso del modelo BIM como plataforma de visualización para comprender el avance de las actividades de diseño a través de los elementos del proyecto presentes en el modelo denominado “modelo 3D consolidación”, para lo cual dicho modelo se dispondrá en un espacio virtual en la nube computacional, de tal manera, que a medida que se van actualizando los elementos de las diferentes disciplinas de diseño los participantes puedan visualizar en tiempo real el avance del proyecto a través del uso de un dispositivo con conexión a internet. Se recomienda que el acceso al modelo por parte de los participantes sea controlado por un coordinador de modelo con la finalidad de evitar la modificación de información por parte de participantes no autorizados o no adecuados, al igual se recomienda disponer canales de comunicación con la finalidad que cada uno de los miembros pueda realizar sus aportes.

1.17.1.6 Evaluación de condiciones existentes

Esta actividad consiste en realizar una evaluación visual de las condiciones existentes del terreno en el que se construirá el proyecto, la cual es realizada mediante el uso del modelo BIM denominado “modelo 3D consolidación condiciones existentes”, dicho modelo actúa como una réplica virtual del entorno actual del proyecto en el que se podrá evaluar de manera preliminar y visual distintos aspectos como: afectación predial, impacto ambiental, construcciones existentes, incompatibilidades, falencias, aspectos de seguridad, entre otros. Esto sumado a la comparación del modelo con fotografías aéreas, nubes de puntos, videos, etc. Esto con la finalidad de garantizar que los planteamientos de las distintas disciplinas de diseño se encuentren en armonía con las condiciones existentes del terreno planificado para la construcción de la intersección.

1.17.1.7 Planificación de toma de información de campo

Actividad que consiste el uso del modelo BIM denominado “modelo 3D consolidación condiciones existentes” para la planificación de actividades requeridas en la toma de información en campo, para lo cual se aprovecha el hecho que el modelo propuesto es desarrollado en las Fases I y II y posteriormente actualizado en Fase III. Así, el entorno virtual del modelo BIM permite a los planificadores identificar de manera visual los requerimientos de información relacionada con la actualización de la información recopilada en fases anteriores del proyecto, siendo de gran beneficio para la toma de información de manera eficiente con el fin de lograr que el modelo denominado “modelo 3D consolidación condiciones existentes” sea una réplica detallada y confiable de las condiciones existentes para fundamentar los procesos subsecuentes, lo cual permitirá mitigar cambios y errores de diseño.

1.17.1.8 Identificación de colisiones e interferencias

Actividad que consiste en el uso del modelo BIM 3D en conjunto con herramientas automatizadas para la detección visual de: colisiones, interferencias, incompatibilidades y otros entre los elementos del proyecto. Actividad que tiene como finalidad la planificación y gestión de las acciones necesarias para mitigar o evitar tales situaciones indeseadas en los diseños del proyecto. Esto puede ser aplicado en conjunto con las actividades de gestión visual denominadas: seguimiento del cronograma de actividades de diseño, asignación de tareas y pendientes. Se recomienda que cada una de las situaciones encontradas sea documentada y solucionada con el apoyo de los profesionales involucrados para lo cual se puede apoyar en reuniones cortas o en los encuentros “Big room” contemplados en la metodología.

1.17.1.9 Revisión de códigos de diseño

Esta actividad consiste en la revisión visual de los modelos BIM con el apoyo de herramientas especializadas para la evaluación del cumplimiento de los códigos de diseño relacionados a las disciplinas de diseño involucradas en el proyecto, lo cual tiene por objetivo el alineamiento entre el diseño propuesto y las regulaciones existentes con la finalidad de evitar situaciones de errores y cambios de diseño que pueden traducirse en: vías inseguras, problemas de calidad y funcionalidad, demoliciones en sitio, retrasos, sobrecostos, disputas legales y otros.

1.17.1.10 Control de solución de cuestiones de diseño

Esta actividad consiste en la configuración del modelo BIM para gestionar de manera visual diferentes cuestiones de diseño como: actividades pendientes, colisiones, incoherencias, incompatibilidades y otros. La configuración se realiza de manera que se genere de forma

automática un formato digital en el que sea posible realizar el control y monitoreo de la solución a las situaciones encontradas, para una mayor eficiencia es recomendable la creación de vínculos a través de links entre el formato de control y los elementos involucrados, de esta forma, se facilitaran las actividades de planificación, control, monitoreo y soluciones de las cuestiones identificadas. Para obtener un mejor desempeño, resulta de gran importancia que el formato se encuentre disponible en una plataforma de colaboración en la nube para la visualización de la totalidad de los miembros del equipo del proyecto.

1.17.1.11 Monitoreo de actualización del modelo

Consiste en el uso de herramientas especializadas del enfoque BIM para realizar control y monitoreo de modificaciones y actualizaciones a los modelos desarrollados durante el diseño de la intersección estudiada. Para esto se requiere asignar roles y permisos a los diferentes participantes del proyecto de tal manera que se regulen cuidadosamente las acciones realizadas en el modelo y se genere de forma automática formatos de actualización de manera que sirvan de documentación para conocer de manera visual el responsable de cada uno de los elementos y partes del modelo. Esta actividad ayuda a prevenir la edición de elementos del modelo en la nube por parte de participantes no adecuados o autorizados para tal actividad.

1.17.1.12 Simulación de tránsito

Una actividad que consiste en utilizar el modelo BIM como plataforma para la simulación del tránsito: vehicular, peatonal y ciclista con la finalidad de detectar de manera visual posibles falencias de la alternativa de diseño evaluada. Lo cual puede mejorar de manera significativa la calidad del diseño geométrico planteado, teniendo en cuenta que la simulación del tránsito en el

modelo puede evidenciar puntos de congestión u otros fenómenos indeseables, los cuales pueden ser solucionados a través de la modificación de parámetros de diseño y mejorados a través de la participación multidisciplinaria de los miembros del equipo del proyecto. Esto permite mitigar posibles errores y cambios de los diseños.

1.17.1.13 Análisis de cuestiones paisajísticas

Esta actividad consiste en el uso del modelo BIM para la adecuación del diseño de la intersección en el ámbito de las cuestiones paisajísticas, lo cual es realizado mediante la presentación de una réplica virtual del proyecto a los participantes (haciendo énfasis en el dueño y futuros usuarios), esto con la finalidad de obtener sugerencias y comentarios para el mejoramiento del proyecto de tal forma que las características finales del diseño permitan la construcción de una opción que resulte agradable al entorno del proyecto en el ámbito paisajístico. Esta actividad propicia la eficiencia en la selección de opciones del diseño, lo cual mejora la estética del proyecto y propicia que este adquiera un mayor valor percibido por parte del dueño y usuarios.

1.17.1.14 Estudio de fuentes hídricas

Esta actividad consiste en el uso del modelo BIM como herramienta para el estudio visual de las cuestiones relacionadas con fuentes hídricas existentes en el entorno del proyecto, las cuales afectan de manera significativa los procesos del diseño vial. Así, en el desarrollo del modelo BIM de las condiciones existentes del entorno es posible elaborar modelos detallados de fuentes hídricas los cuales permitirán a los diferentes equipos de diseño considerarlos y adecuar sus opciones de diseño para que funcionen en armonía con dichas fuentes hídricas y evitar situaciones relacionadas con: vulnerabilidad y riesgo, altos costos de mantenimiento, seguridad en la operación, daño

ambiental y contaminación de fuentes hídricas, entre otros. Por otro lado, las posibilidades de simulación proporcionadas por el enfoque BIM permiten poner a prueba el diseño bajo distintos eventos y escenarios que podrían presentarse durante la etapa de operación, lo cual permite identificarlos de manera visual, anticiparlos y adecuar el diseño del proyecto para el correcto funcionamiento. Por lo anterior, esta actividad permite mejorar significativamente la calidad del diseño mitigando posibles errores y cambios de diseño.

1.17.1.15 Análisis del impacto ambiental

Esta actividad consiste en el uso del modelo BIM para la evaluación preliminar del impacto ambiental del proyecto diseñado mediante la inspección visual de la afectación en el ambiente del proyecto planificado, lo cual permite plantear medidas de mitigación a través de modificaciones al diseño que podrían evitar o limitar aspectos como: daño a ecosistemas, tala de árboles, contaminación del entorno, entre otros. Se recomienda que la inspección visual del modelo BIM sea realizada mediante procesos de participación colaborativa en los cuales existan mecanismos para recolectar opiniones de los diferentes participantes y considéralas dentro de las limitaciones de las distintas disciplinas de diseño, se recomienda el uso de las reuniones propuestas bajo el enfoque de la herramienta “Big room”. Esta actividad resulta de gran aporte al proyecto, tomando en consideración que las características propias de los proyectos viales implican notables afectaciones al medio ambiente.

1.17.1.16 Análisis del impacto predial

Esta actividad está relacionada con el análisis visual del impacto predial generado por el proyecto, lo cual está relacionado al hecho que las características de los proyectos viales y la falta de

planificación urbana conllevan a que la construcción de una intersección vial implique la compra de un conjunto de predios para la obtención del terreno requerido para su construcción. Esta actividad contempla el modelo BIM como herramienta de apoyo visual en la adecuación del diseño de la intersección para mitigar la afectación predial en el entorno del proyecto. Esto permite a los planificadores mejorar la eficiencia y gestión de predial lo cual resulta crucial para el proyecto, tomando en consideración que los costos de adquisición de predios están caracterizados por ser elevados.

1.17.1.17 Análisis de iluminación

Esta actividad utiliza el modelo BIM y sus funcionalidades para el análisis de la iluminación del proyecto bajo distintos eventos y escenarios con la finalidad de adecuar el diseño para satisfacer las necesidades y condiciones de iluminación para una operación segura y eficiente. El enfoque BIM permite el estudio de diferentes parámetros relacionados con el aspecto de iluminación, los cuales son apoyados por herramientas de simulación y colaboración que propician un aumento en la calidad del diseño evitando cuestiones relacionadas con cambios y errores que pueden ser detectados mediante procesos visuales en el entorno virtual proporcionado por BIM.

1.17.1.18 Identificación de zonas de riesgo

Al igual que otras actividades de gestión visual esta actividad se fundamenta en la visualización detallada del modelo BIM de las condiciones existentes del entorno del proyecto para identificar zonas de riesgo relacionadas con aspectos: geotécnicos, geológicos, ambientales, climáticos, hidrológicos, sociales, accidentales, etc. Dichas zonas de riesgo son detectadas y documentadas en el modelo BIM de tal manera que se convierten en un insumo indispensable para que las distintas

disciplinas de diseño asuman opciones y configuraciones de diseño que permitan la mitigación del riesgo, mejorando así la calidad de los diseños.

1.17.1.19 *Diseño de ingeniería*

Las actividades de diseño de ingeniería son apoyadas por los beneficios de visualización de los modelos BIM que han sido beneficiados con notables avances en cuestión de herramientas y funcionalidades que permiten la automatización de los procesos requeridos para el desarrollo del diseño de tal manera que cada diseñador puede emplear un menor tiempo diseñando y un mayor tiempo revisando, esto sumado a las facilidades de visualización permite que los diseños sean desarrollados con una mayor calidad y grado de detalle, de tal manera que se mitigan cambios y errores del diseño que suelen ser identificados en etapas posteriores del proyecto, presentando un impacto negativo considerable. Por otro lado, la visualización del diseño de los elementos permite detectar elementos faltantes por diseñar, lo que permite imponer rigor a los diseñadores para entregar los diseños de forma completa.

1.17.1.20 *Revisión del diseño según disciplina*

Una actividad que está relacionada directamente con la actividad de “diseño de ingeniería” la cual consiste en la inspección visual de los diseños por parte de la disciplina de diseño encargada de su elaboración con la finalidad de detectar: errores, incompatibilidades, inconsistencias, faltantes, funcionalidad, etc. Esta actividad es llevada a cabo en el modelo BIM desarrollado por cada disciplina y puede involucrar modelos de otras disciplinas necesarios para verificar la armonía entre el diseño propuesto y las demás disciplinas de diseño.

1.17.1.21 *Revisión multidisciplinaria del diseño*

Esta actividad resulta similar a la actividad “revisión del diseño según disciplina” la diferencia radica en que es realizada mediante la reunión de los participantes del proyecto (incluyendo las diferentes disciplinas de diseño) con la finalidad de evaluar diferentes cuestiones del proyecto con el apoyo de la visualización lograda por el modelo BIM y la participación colectiva de los actores clave del proyecto bajo el enfoque metodológico de la herramienta Lean Construction denominada “Big room”.

1.17.1.22 *Análisis de seguridad*

Esta actividad consiste en el análisis de distintas cuestiones de seguridad del proyecto a través de la visualización de los modelos BIM desarrollados en la etapa de diseño, proceso en el cual pueden ser utilizadas herramientas automatizadas que permitan la identificación de situaciones que comprometan la seguridad en las fases de construcción, operación, mantenimiento o demolición, donde subsecuente a la identificación se realiza un proceso de mitigación. En el diseño geométrico la visualización lograda por los modelos BIM resulta de gran utilidad para garantizar que las características del diseño geométrico conlleven a trazados viales seguros para los usuarios.

1.17.1.23 *Simulación digital BIM nD*

Esta actividad consiste en el aprovechamiento de la simulación digital BIM nD para visualizar las características del proceso constructivo planificado con la finalidad de detectar posibles falencias e incongruencias que pueden convertirse en restricciones a la continuidad del proceso constructivo. Por otro lado, esta visualización de las actividades de construcción brinda la oportunidad a los planificadores para optimizar los procesos que se desarrollan en campo con la finalidad de eliminar

desperdicios relacionados a: sobrantes, movimientos no útiles, inventarios excesivos, re-trabajo, ubicación ineficiente de recursos y otros, propiciando así la disminución de las pérdidas relacionadas al proceso de construcción.

1.17.1.24 *Indicadores de costo*

Esta actividad consiste en la visualización de distintos indicadores de costo a lo largo del desarrollo de las actividades de diseño, con la finalidad de procurar el desarrollo de los proyectos en función de los recursos financieros disponibles, procurando así evitar comprometer el desarrollo del proyecto por cuestiones relacionadas a la falta de presupuesto. Esto permite a los diseñadores involucrar en sus respectivos procesos las variables relacionada con el costo con lo cual podrán dimensionar los recursos financieros que puede involucrar el diseño planteado, propiciando así el ahorro en el proyecto mediante la elección de elementos y configuraciones de diseño alternativas.

1.17.1.25 *Revisión de la documentación del diseño*

Esta actividad consiste en la inspección visual de los documentos diseño que incluyen: planos, informes, memorias de cálculo, especificaciones técnicas y otros, con el objetivo de realizar la detección de problemas relacionados de forma individual con las disciplinas de diseño y de forma global con el proyecto. Gracias a la forma en que se presenta la documentación del diseño esta actividad se ve ampliamente beneficiada por el gran detalle de los dibujos que ante un conjunto de profesionales con una adecuada experiencia es posible detectar y ajustar cuestiones indeseadas en los diseños, las cuales se esperaría resultaran mínimas tomando en consideración las revisiones realizadas mediante la aplicación de las distintas actividades que involucran BIM.

1.17.2 Big Room

La herramienta Big Room de la filosofía Lean Construction se fundamenta en disponer un espacio en el cual los participantes del proyecto puedan interactuar para resolver distintas cuestiones del proyecto, donde se procura una metodología colaborativa e interdisciplinaria (ver Figura 18). En los proyectos de construcción, la aplicación de esta herramienta resulta de gran utilidad para llevar a cabo procesos de toma de decisiones relacionados con actividades de: planificación, control, monitoreo, revisión de diseños, selección de alternativas y configuraciones, entre otros. Procesos que se ven ampliamente beneficiados a través de las observaciones y aportes obtenidos de los Stakeholders del proyecto que participan en el espacio Big Room, los cuales se caracterizan por estar relacionados a diferentes conocimientos y experiencias. Big Room resulta ampliamente compatible con la metodología de entrega de proyectos Integrated Project Delivery, tomando en consideración que propende por la integración de participantes clave durante etapas tempranas del proyecto.



Figura 18. Ejemplo de espacio Big Room. Tomada de Autodesk. Retrieved from <https://cdn.redshift.autodesk.com/2016/05/DPR-planning-lean-construction-1024x595.jpg>

La integración de Big Room a la metodología de diseño de intersecciones a desnivel propuesta en esta investigación se realizó a partir de los mapas de procesos elaborados, para lo cual se identificaron los momentos en que se requiere una reunión tipo Big Room para el análisis multidisciplinario de diferentes cuestiones del proyecto. Las reuniones fueron definidas tomando en consideración las características de los procesos identificados y las necesidades de interrelación de participantes en los momentos del proceso en que fueron asignadas. En total fueron asignadas un total de 8 reuniones tipo Big Room, a las cuales se les asignó la nomenclatura BR seguida del número de la reunión (ver sección 4.5.3). Considerando que las actividades en las reuniones Big Room involucran la visualización del proyecto en el modelo BIM, se propone la aplicación de las actividades definidas para la herramienta Visual Management (descritas en la sección anterior) durante el desarrollo de las reuniones Big Room como se relaciona en la Tabla 10.

Tabla 10. *Relación entre actividades de Visual Management y reuniones Big Room.*

ID	Actividades Visual Management	Reuniones Big - Room						
		BR1	BR2	BR3	BR4	BR5	BR6	BR7
1	Seguimiento del cronograma de actividades de diseño	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2	Asignación de tareas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
3	Pendientes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
4	Estructuración del trabajo	✓			✓		✓	
5	Comunicación visual del avance del diseño		✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	Evaluación de condiciones existentes	✓						
7	Planificación de toma de información de campo	✓	✓	✓				
8	Identificación de colisiones e interferencias		✓	✓	✓			
9	Control de solución de cuestiones de diseño		✓	✓	✓		✓	
10	Monitoreo de actualización del modelo		✓	✓	✓	✓	✓	
11	Simulación de tránsito		✓					

ID	Actividades Visual Management	Reuniones Big - Room						
		BR1	BR2	BR3	BR4	BR5	BR6	BR7
12	Análisis de cuestiones paisajísticas		✓	✓				
13	Estudio de fuentes hídricas		✓	✓				
14	Análisis del impacto ambiental		✓	✓				
15	Análisis del impacto predial	✓	✓	✓				
16	Análisis de iluminación				✓	✓		
17	Identificación de zonas de riesgo		✓	✓				
18	Diseño de ingeniería		✓	✓	✓	✓	✓	
19	Revisión del diseño según disciplina		✓	✓	✓	✓	✓	
20	Revisión multidisciplinaria del diseño		✓	✓	✓	✓	✓	
21	Análisis de seguridad				✓	✓		
22	Simulación digital BIM nD					✓		
23	Indicadores de costo	✓	✓	✓	✓	✓		
24	Revisión documentación del diseño							✓
25	Elaboración de actas de reunión	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Adicional a las actividades de Visual Management sugeridas en la Figura 143 se recomienda realizar en las reuniones de Big Room las actividades que se describen a continuación, las cuales se encuentran relacionadas con la metodología de entrega IPD.

- Conformación del equipo de trabajo de las disciplinas de diseño
- Verificación del alcance de los diseños definidos en el proceso “Configuración inicial del proyecto IPD”
- Asignación de responsabilidades, funciones y requerimientos pendientes por desarrollo.
- Revisión de los criterios de evaluación de las alternativas de diseño.
- Revisión de las características principales del diseño.
- Análisis de costo del proyecto.
- Verificación de tolerancias.

- Verificación de conflictos inconsistencias y errores de diseño.
- Verificación de regulaciones relacionadas al proyecto.
- Otros.

En la Figura 19 se presenta la interacción de los participantes en las reuniones Big-Room propuestas en la metodología de la presente investigación.

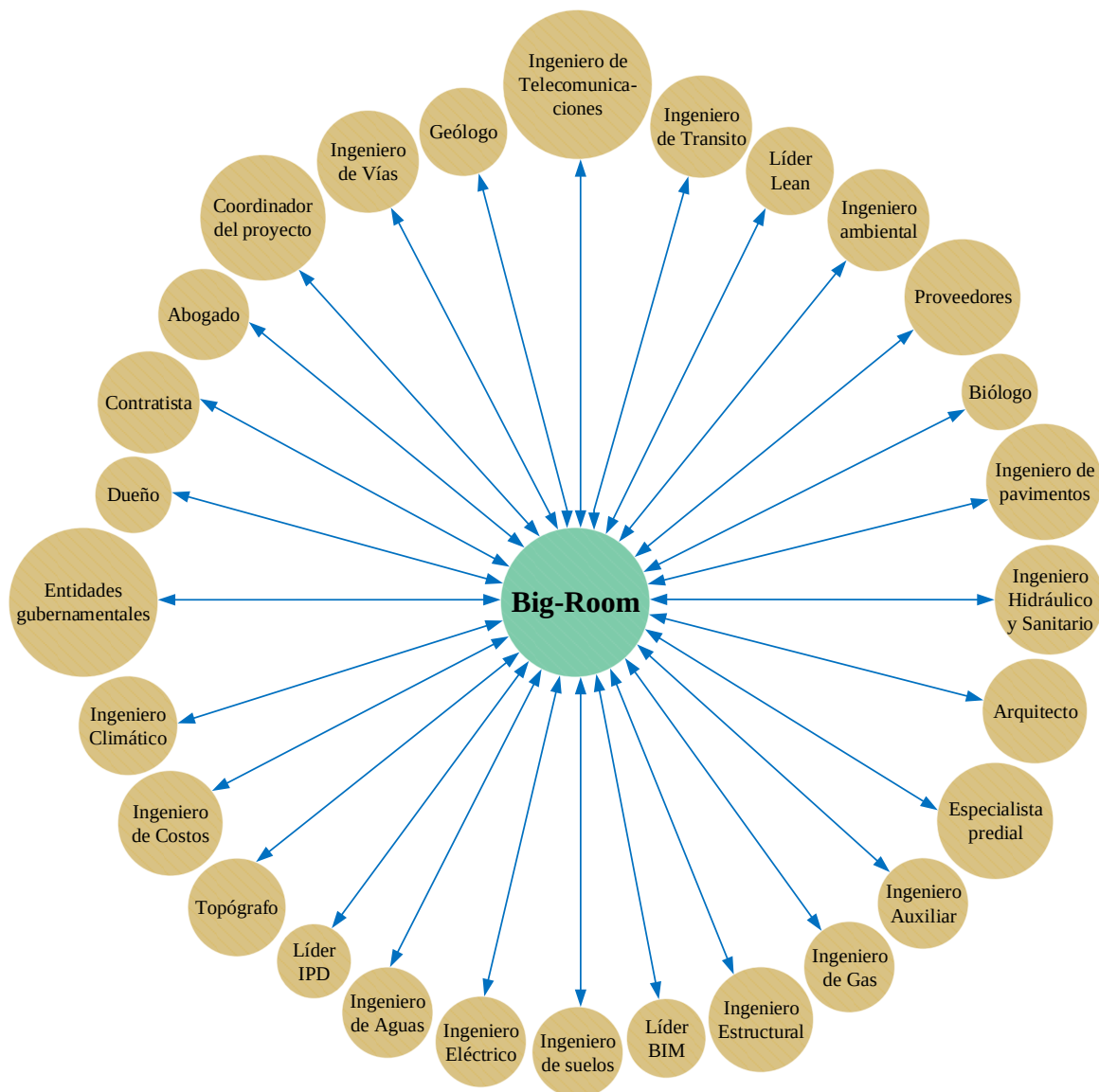


Figura 19. Participantes propuestos en las reuniones Big-Room.

1.17.3 Value stream mapping

La herramienta Lean Construction de Value Stream Mapping (VSM) que en idioma español traduce “Mapa de la Cadena de Valor” consiste en la modelación de procesos a través de bosquejos con la finalidad de detectar posibles alternativas de mejora, por lo tanto, el VSM puede ser entendido como una herramienta de diagnóstico y control de procesos para la mejora continua. El proceso de aplicación del VSM inicia con la identificación de las actividades que son requeridas para llevar a cabo el proceso estudiado, las cuales conduzcan a los entregables definidos. A continuación, se procede a la identificación de los flujos de materiales e información los cuales permiten el desarrollo de los diferentes subprocesos y actividades. Finalmente, se realiza un análisis de los procesos que aportan valor al proyecto y los que no, con la finalidad de suprimir aquellos que no generan valor, al igual se analizan las modificaciones necesarias para los procesos que están asociados a falencias que se manifiestan en los productos finales o entran conflicto con otros procesos.

Para la presente investigación se utilizaron los principios del VSM en la elaboración de los mapas de procesos desarrollados en la implementación BIM (ver sección 4.5.3), en la elaboración de dichos mapas se logró la identificación de las secuencias de procesos que permitieron hacer frente a cuestiones problemáticas tradicionales de los proyectos viales. Un aspecto de gran relevancia para el mejoramiento del proceso fue el análisis del intercambio de información, donde se analizaron e identificaron los requerimientos de información para cada uno de los procesos. Esto permitió configurar la metodología de tal manera que cada uno de los procesos obtenga la información requerida en el tiempo adecuado, mitigando así problemas relacionados con restricciones de información que pueden convertirse en situaciones indeseadas como: retrasos, re-trabajos, cambios, baja productividad, improvisación, diseños incompletos y otros. Por otro lado,

el análisis del mapa de procesos permitió incluir algunas actividades adicionales enfocadas en la mitigación de problemáticas asociadas a cambios y errores de los diseños, las cuales fueron planteadas para un funcionamiento eficiente con la adopción en los procesos y las demás herramientas Lean Construction.

El mapa de procesos planteado en el diseño de la metodología induce al mejoramiento continuo, teniendo en cuenta que una organización que lo implemente tendrá la posibilidad de plantear modificaciones en función de sus propias características y enfocándose en la estandarización de los procesos.

1.18 Implementación Integrated Project Delivery al diseño geométrico de intersecciones a desnivel

La implementación del método IPD se llevó a cabo mediante lo expuesto a la guía *Integrated Project Delivery: A Guide* del American Institute of Architects (American Institute of Architects and AIA California & Council, 2007), información con la cual se planteó el mapa de procesos que se muestra en las Figuras 20 y 21, el cual es presentado en forma de piscina olímpica con tres carriles; el primer carril está relacionado con los archivos y carpetas de entrada a los procesos requeridos para la aplicación de método IPD, el segundo describe los procesos necesarios para la aplicación de IPD y sus respectivos responsables, y finalmente el tercer carril presenta los archivos de salida relacionados a cada uno de los procesos. Las relaciones entre archivos, carpetas y procesos están representadas por líneas punteadas, mientras que las relaciones entre procesos están representadas por líneas continuas. De igual manera, es presentada una descripción para cada uno de los procesos enunciados en el mapa, lo cual permite conocer con mayor detalle las actividades

requeridas para llevar a cabo la implementación del método IPD. Por otro lado, se destaca que el método IPD es integrado a los demás procesos del diseño geométrico de intersecciones a desnivel, lo cual es realizado mediante la inclusión del proceso denominado “implementación IPD” (ver mapas de procesos de la sección 4.5.3), donde el mapa detallado del proceso es el mostrado en las Figuras 20 y 21. Otros lineamientos del método IPD son tenidos en cuenta en la metodología propuesta, los cuales son presentados en las demás secciones.

A continuación de las Figuras 20 y 21 son presentadas las descripciones para cada uno de los subprocesos contenidos el mapa detallado relacionado a la implementación IPD.

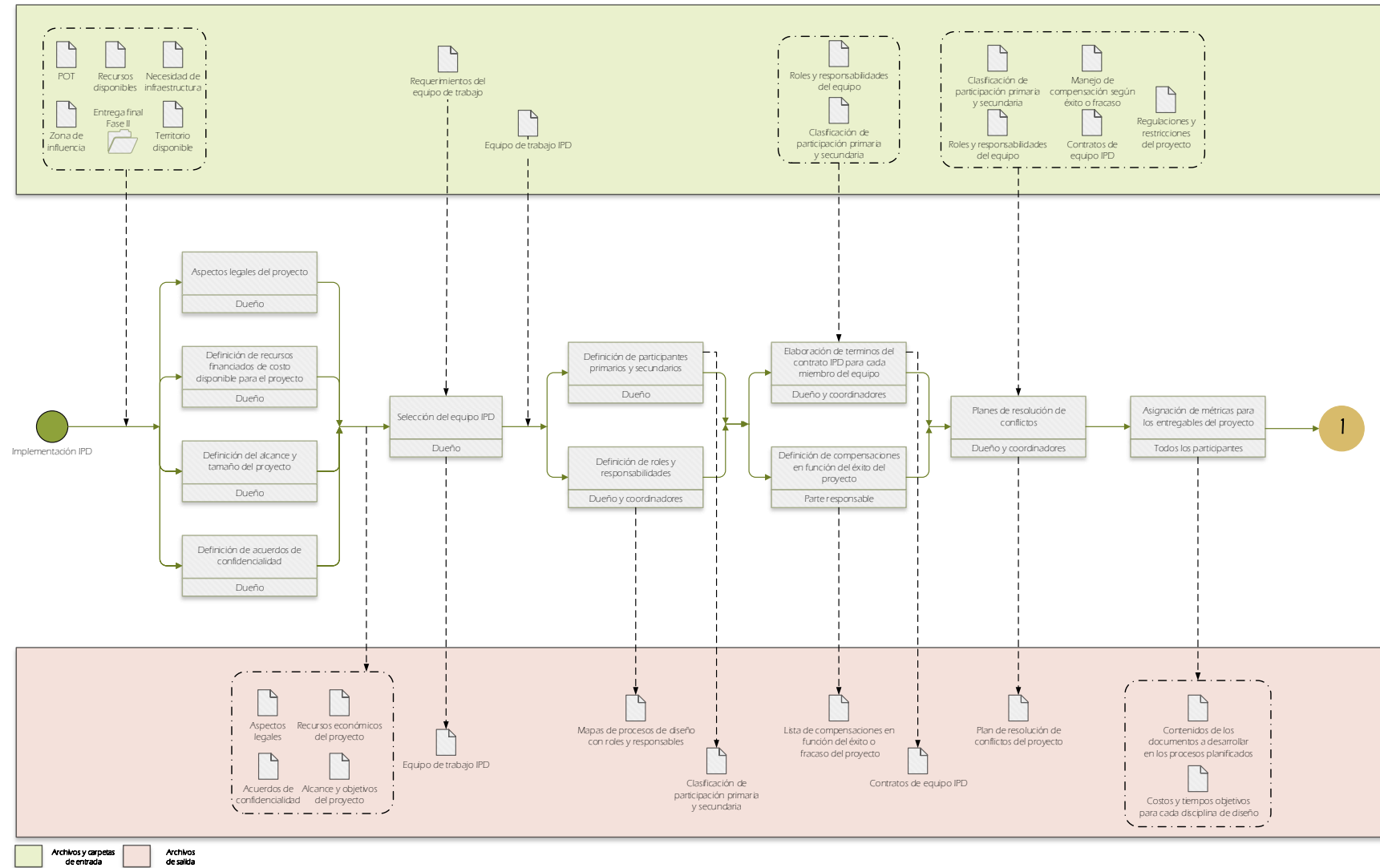


Figura 20. Mapa implementación IPD – parte 1.

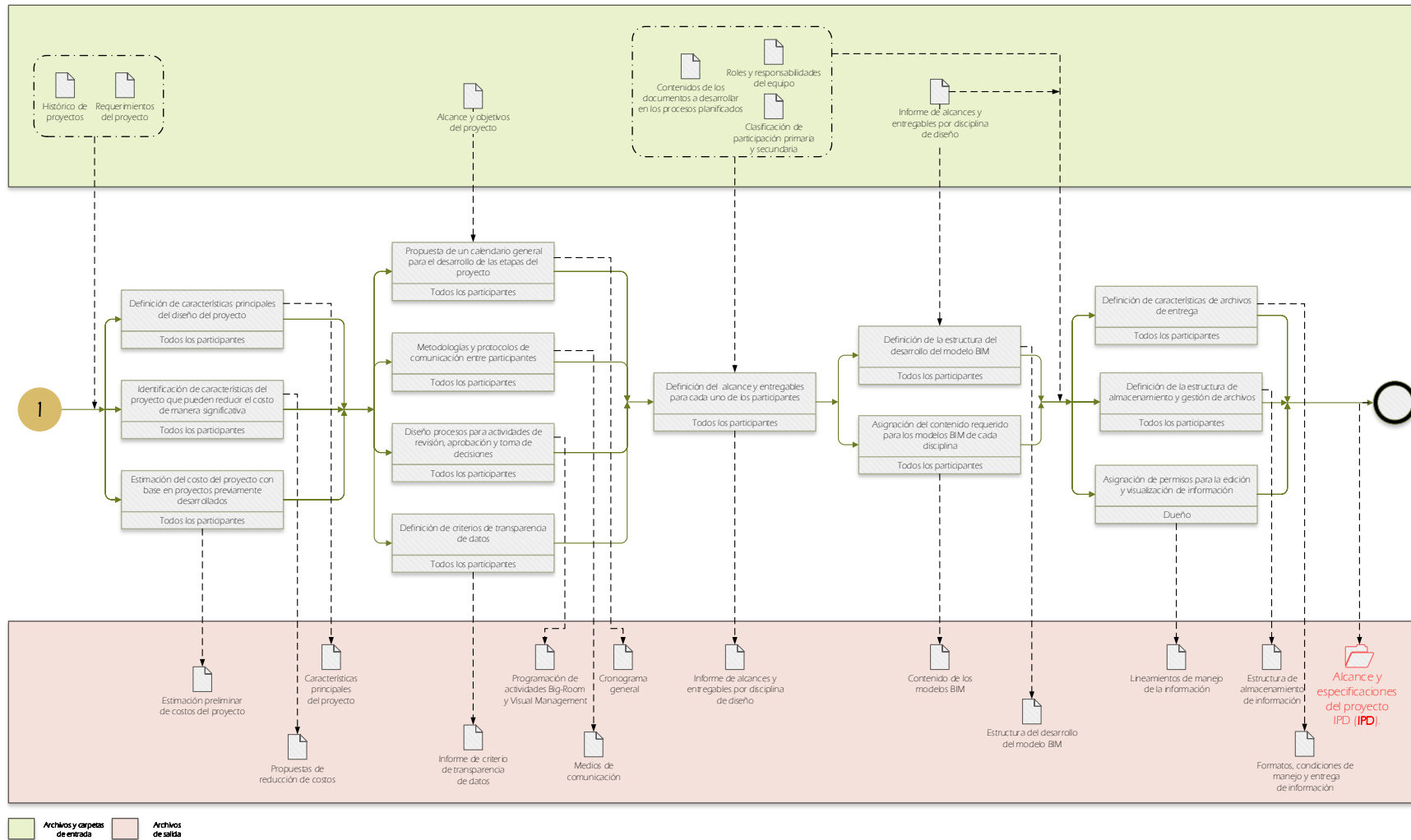


Figura 21. Mapa implementación IPD – parte 2.

1.18.1 Aspectos legales del proyecto

Proceso enfocado en la identificación de las variables legales que afectan el desarrollo del proyecto, donde pueden ser incluidas reglamentaciones relacionadas con: códigos de diseño, contratación pública, restricciones ambientales, regulaciones adquisición de predios, regulaciones de servicios públicos, planes de ordenamiento territorial, licencias de construcción, entre otros. Una vez identificadas son expuestas al equipo del proyecto de tal manera que cada uno de los miembros la pueda tener en cuenta de manera individual y participativa.

1.18.2 Definición de recursos financieros de costo disponible para el proyecto

Este proceso consiste en la estimación de la cantidad de recursos financieros disponibles para el desarrollo de las fases de diseño y construcción del proyecto. Estimación que es realizada a partir de los estudios previos desarrollados en las Fases I y II donde se obtiene un costo aproximado del proyecto. Con base en dicho costo, el dueño debe considerar los recursos obtenidos de cobros de valorización, préstamos de entidades nacionales e internacionales además de aportes: municipales, departamentales y nacionales, entre otros; para determinar los recursos financieros con los que será posible poner en marcha el proyecto. Esta actividad debe ser llevada a cabo por la entidad dueña del proyecto y una vez estimada la cantidad de recursos financieros debe ser informada al equipo de diseño de tal manera que a partir de la experiencia de cada uno de los miembros sea posible adecuar las características del proyecto para hacer posible y viable la ejecución del proyecto.

1.18.3 Definición del alcance y tamaño del proyecto

Actividad que consiste en definir el alcance y tamaño del proyecto con base en los estudios desarrollados en las Fases I y II, para lo cual el dueño debe tomar en consideración las estimaciones

del costo y la evaluación de los recursos financieros disponibles para la ejecución del proyecto. De esta manera, la entidad dueña podrá plantear el alcance y tamaño del proyecto con la finalidad de establecer parámetros limitantes para el desarrollo del diseño en Fase III y la etapa de construcción, esto con la asesoría de un conjunto de profesionales expertos en el área que puede involucrar el personal encargado del desarrollo de las Fases I y II del diseño.

1.18.4 Definición de acuerdos de confidencialidad

Actividad que consiste en la definición de los acuerdos de confidencialidad que involucraran el proyecto, los cuales consisten en documentos que conllevan a acuerdos legales que permitirán regular la divulgación de la información que se compartirá con el equipo del proyecto. Información que puede estar compuesta por: modelos BIM, informes, planos, hojas de cálculo, entre otros, lo cual es proveniente del desarrollo de las etapas Fase I y II del diseño. De la misma manera, los acuerdos de confidencialidad deberán involucrar la información que se generara durante el desarrollo de la Fase III de los diseños. Para esta actividad, el dueño debe ser el encargado de la definición de tales acuerdos, de tal manera que al momento de la selección del equipo de trabajo IPD se debe comunicar y condicionar su cumplimiento.

1.18.5 Selección del equipo IPD

Actividad de la entidad dueña que consiste en llevar a cabo la selección de los miembros del equipo del proyecto, conforme a los requerimientos y el marco metodológico: del método IPD, el enfoque BIM y la filosofía de reducción de pérdidas Lean Construction. En dicho proceso de selección, se debe procurar que los miembros a seleccionar se acojan a los acuerdos de confidencialidad establecidos y los principios del método de entrega IPD. Por otro lado, es recomendable que los

miembros a seleccionar posean experiencia tanto en la disciplina de diseño a la que pertenecen como en la implementación de: IPD, BIM y Lean Construction. En caso de existir falta de experiencia, se recomienda la planificación de actividades de capacitación con la finalidad de evitar inconvenientes el desarrollo de etapas del proyecto.

1.18.6 Definición de participantes primarios y secundarios

Actividad que consiste en definir los participantes que tendrán un rol primario y secundario en el proyecto, lo cual es realizado a partir de los resultados de la selección del equipo de trabajo IPD. Por un lado, los participantes primarios podrían ser: dueño, coordinador del diseño, contratista, líderes IPD, BIM y LC, entre otros, mientras que por el otro lado los participantes secundarios podrían ser: arquitecto, ingeniero de vías, ingeniero estructural, ingeniero de pavimentos, entre otros. Esta actividad debe ser realizada por el dueño el proyecto de acuerdo a las necesidades y requerimientos propios del proyecto.

1.18.7 Definición de roles y responsabilidades

Con la definición del equipo de trabajo IPD y la asignación del rol de participantes primarios y secundarios, se procede a la definición del rol que jugará cada participante en el desarrollo del proyecto, de tal manera que todo el equipo de trabajo conozca a los demás miembros procurando dejar un archivo digital con la información del rol y responsabilidad de cada uno de los participantes, archivo en el cual será incluida la información de contacto del participante. La asignación de responsabilidades se realizará por parte de la entidad dueña del proyecto con la asesoría de los participantes con rol primario. Como producto de esta actividad se obtiene la

asignación de procesos a cada uno de los participantes según los mapas de procesos desarrollados en la presente investigación

1.18.8 Elaboración de términos del contrato IPD para cada miembro del equipo

Esta actividad consiste en la elaboración del contrato IPD para cada uno de los participantes del proyecto, para lo cual se tendrá en cuenta las responsabilidades asignadas y los principios del método de entrega IPD. Es recomendable que en los contratos IPD se incluyan términos que reglamenten el uso del enfoque BIM y la aplicación de herramientas Lean Constrution, esto sumado a cláusulas relacionadas con acuerdos de confidencialidad y transparencia de información. Se recomienda que la elaboración de los contratos IPD este guiada por los participantes definidos con rol primario dentro del proyecto y cuente con todos los términos legales que contemple la legislación que corresponda.

1.18.9 Definición de compensaciones en función del éxito del proyecto

Dentro de los principios del método IPD se destacan un conjunto de riesgos y beneficios compartidos, con lo cual el éxito del proyecto conducirá a un conjunto de beneficios que serán repartidos entre los participantes del proyecto según los términos establecidos para tal fin. Por otro lado, en el caso del fracaso del proyecto se genera una serie de penalizaciones en las utilidades de los participantes involucrados. Por lo anterior, esta actividad comprende la definición de las compensaciones y penalizaciones en función de los resultados del proyecto, las cuales deben definirse mediante una reunión tipo “Big Room” en la que se propicie la participación de los miembros del equipo del proyecto, donde se debe procurar incluir términos relacionados con

costos y tiempos objetivos del proyecto además de aspectos de calidad, reducción de desperdicios y otros.

1.18.10 Planes de resolución de conflictos

Debido a las características de los proyectos de intersección vial, este tipo de proyectos involucra una cantidad considerable de Stakeholders, por un lado, la comunidad en general impactada por el desarrollo del proyecto, y por el otro lado, el equipo encargado del desarrollo del proyecto. Esto ocasiona que en muchos casos se presenten conflictos y disputas entre los distintos Stakeholders involucrados, conflictos que se caracterizan por entorpecer el desarrollo del proyecto. Por lo anterior, esta actividad busca generar una planificación de un conjunto de tareas necesarias para resolver los conflictos que afecten el proyecto de manera que se mitigue o evite el impacto negativo de dichos conflictos sobre los procesos del proyecto. Es recomendable que en el plan descrito se priorice evitar los conflictos mediante canales de comunicación y buenas relaciones entre participantes.

1.18.11 Asignación de métricas para los entregables del proyecto

Esta actividad consiste en la definición de los mecanismos de medida con los cuales se evaluarán los entregables que tendrá el proyecto, para lo cual se recomienda utilizar: el contenido de cada uno de los archivos expuestos en la presente investigación (ver sección 4.1.2.2), el contenido propuesto para cada uno de los modelos BIM desarrollados (ver sección 4.2.2), los tiempos establecidos para el desarrollo del proyecto, los costos de los procesos y etapas, entre otros. Es indispensable que cada uno de los miembros posea claridad sobre las métricas asignadas para cada sus respectivos entregables de tal manera que el desarrollo de los procesos de cada participante

este orientado al cumplimiento satisfactorio del conjunto de métricas definido, por lo anterior, el proceso asignación de métricas debe ser llevado a cabo en un ambiente colaborativo.

1.18.12 Definición de características principales del diseño del proyecto

Esta actividad consiste en la definición colaborativa de las características principales del proyecto a tener en cuenta durante el desarrollo de las actividades del proyecto. Algunos ejemplos son: tipo de intersección, tipo de pavimentos, vegetación del urbanismo, acabados de los andenes, mobiliario urbano, señalización, entre otros. Características que en varios de los casos vienen determinadas de acuerdo con reglamentaciones vigentes del lugar en que se tendrá la construcción del proyecto. Este aspecto debe ser asumido y evaluado en forma colaborativa y con cautela por parte del equipo del proyecto, esto tomando en consideración que cada municipio cuenta con un manual desarrollo urbano que está acorde al entorno construido y que reglamenta las construcciones futuras.

1.18.13 Identificación de características del proyecto que pueden reducir el costo de manera significativa

Actividad que consiste en la evaluación colaborativa y multidisciplinaria del proyecto con la finalidad de identificar las características que pueden contribuir a una reducción significativa en el costo del proyecto, lo cual se recomienda realizar en presencia de la totalidad del equipo mediante una reunión tipo “Big Room” en la cual se haga uso de la información del proyecto generada durante las Fases I y II del diseño del proyecto y que puede ser ampliamente apoyada por la herramienta Visual Management y los modelos BIM. De esta manera, cada participante puede proponer alternativas que serán discutidas y evaluadas por el equipo del proyecto de manera

inmediata, en que caso de ser viable la alternativa propuesta se tomará en cuenta y la totalidad del equipo estará informado sobre la disposición asumida con lo que cada miembro podrá tenerla en cuenta en las actividades que le competen.

1.18.14 Estimación del costo del proyecto con base en proyectos previamente desarrollados

Esta actividad consiste en realizar una estimación del costo económico que puede involucrar la ejecución del proyecto, estimación que es realizada con base a: estimaciones económicas realizadas en las Fases I y II, proyectos previamente desarrollados, características principales definidas para el proyecto, sistemas constructivos planificados, inflación de los precios relacionados a las actividades de construcción, entre otros. La finalidad de esta evaluación económica es verificar si el costo del proyecto es acorde a los recursos financieros disponibles por parte del dueño del proyecto. De acuerdo a los resultados de la estimación del costo del proyecto, los participantes podrán tomar las decisiones necesarias para adecuar el proyecto a los recursos financieros disponibles o el dueño podrá emprender acciones para conseguir recursos faltantes mediante el trámite de créditos bancarios y otras modalidades.

1.18.15 Propuesta de un calendario general para el desarrollo de las etapas del proyecto

Actividad enfocada en la elaboración de una propuesta de calendario para el desarrollo de las etapas del proyecto, en la cual se proponen fechas para el inicio y final de las etapas de diseño Fase III y de construcción. Con la propuesta de calendario, el equipo de trabajo tendrá un punto de partida para la planificación de los procesos de requeridos para el desarrollo de las etapas. Se

recomienda que esta actividad sea desarrollada mediante la participación multidisciplinaria del equipo del proyecto con la finalidad de evitar estimaciones afectadas por excesos de optimismo que puedan condenar al proyecto a un retraso desde el inicio de las actividades de diseño Fase III.

1.18.16 Metodologías y protocolos de comunicación entre participantes

Esta actividad consiste en diseñar la forma como se realizará la interacción entre los participantes del proyecto durante el desarrollo de los distintos procesos contemplados, para lo cual es necesario el diseño de los flujos de información, medios de comunicación, plataformas de colaboración, estructuras de almacenamiento de archivos y otros. Estos parámetros son abordados de manera detallada en la metodología propuesta en la presente investigación, considerando que se expone un alto detalle en el análisis del flujo de documentos y contenido lo cual es relacionado con los procesos necesarios para el desarrollo del diseño Fase III. Por otro lado, se propone la aplicación de plataformas de colaboración en la nube que permitan a los participantes del proyecto comunicarse a través del uso de dispositivos conectados a internet como: ordenadores, celulares, y tablets. Medios en los cuales los participantes podrán acceder en tiempo real a la información del proyecto e interactuar con los demás participantes, realizando comentarios a los modelos desarrollados y programar reuniones virtuales para comunicar ideas de mejoramiento y otros. Esto propicia una mayor comunicación entre los miembros del equipo de trabajo y propende por una cultura de mejoramiento continuo que beneficia los entregables del proyecto.

1.18.17 Diseño de procesos para actividades de revisión, aprobación y toma de decisiones

El diseño de procesos está relacionado con los mapas de procesos presentados en la presente investigación, en los cuales se hace posible conocer la secuencia de procesos, responsables, requerimientos, contribuciones y otros. En esta investigación, las actividades de: revisión, aprobación y toma de decisiones son ampliamente beneficiadas por la aplicación de las herramientas “Big Room” y “Visual Management” las cuales permiten mejorar, automatizar y hacer más eficientes dichas actividades. Por otro lado, al momento de la implementación de la metodología en una organización para un proyecto específico se recomienda que el dueño en colaboración con los demás participantes primarios establezcan canales de revisión, aprobación y toma de decisiones que sean particulares a las necesidades del proyecto y a la disponibilidad de los responsables. De acuerdo con los lineamientos del método IPD es viable la realización de reuniones cortas y frecuentes que permitan la solución de cuestiones menores del proyecto durante los distintos procesos, donde su agendamiento es acorde a las necesidades que se vayan presentando.

1.18.18 Definición de criterios de transparencia de datos

Esta actividad consiste en definir un conjunto de regulaciones encaminadas a garantizar que se presente transparencia en los datos utilizados en los distintos procesos del proyecto con las cuales se pueda mitigar la posibilidad de que una situación de falta de transparencia de datos pueda afectar negativamente el desarrollo de una o más actividades del proyecto, lo cual podría comprometer el éxito del proyecto y generar situaciones indeseadas como: retrasos, sobrecostos, incumplimientos de normativa, problemas de funcionalidad, disputas y otros.

1.18.19 Definición del alcance y entregables para cada uno de los participantes

Esta actividad consiste en la definición detallada de los alcances y entregables para cada uno de los participantes del proyecto, de manera que cada uno de los involucrados pueda conocer a detalle sus alcances y entregables además de actividades y procesos puntuales en los que deberá participar. Esta actividad puede ser apoyada mediante el uso de: mapas de procesos (ver sección 4.5.3), archivos de entrada y salida de los procesos (ver secciones 4.1.2.2 y 4.2.2) y otros. Resulta crucial para el éxito del proyecto documentar la información desarrollada en esta actividad, ya que en el desarrollo podrían presentarse disputas entre los participantes o incluso falencias en los entregables por concepto del desconocimiento de los requerimientos de los mismos, generando un ambiente propicio para la ocurrencia de: cambios, errores, incompatibilices, colisiones entre elementos y otros.

1.18.20 Definición de la estructura del desarrollo del modelo BIM

Actividad que comprende la definición de las características de los modelos BIM a desarrollar y la forma como estos deben ser elaborados, lo cual resulta indispensable para las actividades de gestión de archivos y aplicación de los usos BIM involucrados por los procesos. Esta actividad debe ser inicialmente desarrollada por el Lider BIM quien comunicará al resto del equipo del proyecto, con lo cual se tendrá la posibilidad de plantear modificaciones para el mejoramiento y adecuación a las necesidades particulares del proyecto. En relación a la estructura de los modelos en la presente investigación se proponen los mostrados en la sección 4.2.2.

1.18.21 Asignación del contenido requerido para los modelos BIM de cada disciplina

Esta actividad corresponde a la delimitación de los elementos que contendrá cada uno de los modelos BIM definidos en la estructuración del modelo. Los elementos presentes en cada modelo BIM dependerán de la disciplina de diseño a la cual se encuentre relacionado el modelo. En esta investigación se proponen los modelos BIM mostrados en la sección 4.2.2.

1.18.22 Definición de características de archivos de entrega

Actividad que consiste en definir las características requeridas para los archivos de entrega resultantes del desarrollo de los procesos relacionados al diseño Fase III. Lo cual es definido en función de la compatibilidad con las demás disciplinas de diseño y los requerimientos del contratista encargado de la ejecución de la etapa de construcción. Resulta de gran importancia el uso de paquetes de software BIM que permitan la interoperabilidad entre distintos softwares especializados de diseño, de tal manera que al exportar el modelo este conserve la información gráfica y no grafica de los elementos que lo componen. En la presente investigación se proponen los archivos y características mostrados en las secciones 4.1.2.2 y 4.2.2.

1.18.23 Diseño de la estructura de almacenamiento y gestión de archivos

Esta actividad consiste en diseñar la estructura de carpetas con las que se realizará el almacenamiento de la información del proyecto, para lo cual se debe tener en cuenta los entregables y alcances relacionados a los distintos procesos del desarrollo de las etapas del proyecto. En la presente investigación se propone la estructura de almacenamiento de archivos mostrada en la Figura 70, la cual se propone esté dispuesta en una plataforma de colaboración en la que los participantes puedan acceder a visualizar e editar la información que le es permitida.

1.18.24 Asignación de permisos para la edición y visualización de información

Esta actividad consiste en asignar permisos de edición y visualización a cada uno de los archivos generados en las etapas del proyecto en función de los participantes. Se debe procurar que esta actividad sea desarrollada con especial cuidado, esto con la finalidad de mitigar el riesgo de que participantes no autorizados o no capacitados editen partes del modelo BIM u otros archivos que puedan generar cuestiones indeseadas en el diseño del proyecto. Se recomienda que los participantes de las diferentes disciplinas de diseño posean acceso a toda la información con permisos de visualización y de edición en los archivos que es necesaria, de esta manera, cada participante contara con la posibilidad de comparar el diseño propio con las demás disciplinas de diseño, lo cual permite la detección y solución temprana de errores de diseño.

1.19 Caracterización de la metodología

1.19.1 Participantes proyectados en la metodología propuesta

La Tabla 11 presenta los participantes propuestos para la vinculación en el proyecto durante el desarrollo de los procesos pertenecientes a la Fase III, la propuesta contempla un total de 28 profesionales los cuales presentaran intervenciones específicas dentro de la fase de diseño en la realización de actividades específicas como responsables, en apoyo de otras actividades pertenecientes a procesos de diferentes afinidades al igual que en reuniones o procesos de solución de conflictos o toma de decisiones (ver Tabla 11).

Tabla 11. *Participantes propuestos para la vinculación en el proyecto*

ID	Responsable
AG	Abogado
ARQ	Arquitecto
BI	Biólogo
CNT	Contratista
CP	Coordinador del proyecto
DU	Dueño
EG	Entidades gubernamentales
EP	Especialista predial
GE	Geólogo
IA	Ingeniero ambiental
IAX	Ingeniero Auxiliar
ICO	Ingeniero Climático
IAG	Ingeniero de Aguas
IC	Ingeniero de Costos
IG	Ingeniero de Gas
IP	Ingeniero de pavimentos
IS	Ingeniero de suelos
ITC	Ingeniero de Telecomunicaciones
IT	Ingeniero de Transito
IV	Ingeniero de Vías
IEC	Ingeniero Eléctrico
IE	Ingeniero Estructural
IHS	Ingeniero Hidráulico y Sanitario
LBIM	Líder BIM
LIPD	Líder IPD
LLEAN	Líder Lean
PR	Proveedores
TP	Topógrafo

1.19.2 Información de modelos BIM

1.19.2.1 Contenido de modelos BIM

Las Figuras 22 y 23 presentan la interacción entre los modelos BIM que se desarrollan en la metodología presentada y los elementos que son vinculados a cada uno de los modelos. Las interacciones presentadas fueron planteadas con base en: los flujos de trabajo característicos del conjunto de los softwares Autodesk, lo expuesto por el *Estándar BIM para Proyectos Públicos – Chile* (Soto, Manríquez, & Godoy, 2019), y las definiciones para uno de los procesos de la

metodología propuesta que son mostrados en la sección “*características de los procesos con la implementación BIM*”. Dichas Figuras muestran dos agrupaciones principales, la primera agrupación corresponde a la columna nombrada “Modelos 3D” la cual hace referencia a los modelos BIM que son elaborados en el desarrollo de los procesos identificados. La segunda agrupación corresponde a los “Elementos de los modelos”, los cuales corresponden a los diferentes objetos que pueden ser representados virtualmente en un modelo BIM.

En las Figuras 22 y 23, las interacciones entre modelos 3D y elementos de los modelos están representadas por tres símbolos ✓, ♦ y ●, los cuales representan: 1) los elementos principales como producto del desarrollo del modelo (✓), 2) los elementos principales desarrollados en otros modelos y necesarios para el avance del modelo de interés (♦), y 3) los modelos desarrollados en Fases anteriores necesarios para apoyo de toma de decisiones durante el avance inicial del modelo de interés (●).

1.19.2.2 Nivel de detalle de modelos BIM

Los modelos BIM pueden ser representados con diferentes niveles de detalle dependiendo de aspectos relacionados a: objetivos del proyecto, exigencias del dueño, fases de desarrollo y/o requerimientos de los diseñadores. Dicho nivel de detalle es denominado Level of Development (LOD), el cual afecta el volumen de información almacenada en el modelo y orienta su uso a diferentes actividades u objetivos en el proceso de diseño o toma de decisiones del proyecto. Para clasificar el LOD se han establecido 5 niveles que se presentan a continuación:

- *LOD 100*: corresponde a la especificación de detalle del modelo tridimensional, el cual se representa por figuras geométricas solidas buscando modelar el contenido del proyecto de forma esquemática sin ningún tipo de detalle o asignación de caracteres.
- *LOD 200*: los elementos contenidos por el modelo cuentan con información aproximada referente a: tamaño, localización, orientación, capas, materiales, texturas, entre otras, el modelo también puede vincular información no gráfica brindado más detalle que el LOD 100 pero sin cumplir las especificaciones de un LOD 300.
- *LOD 300*: los elementos contenidos por el modelo cuentan con información referente a: tamaño, localización, orientación, capas, materiales, texturas, entre otras, el modelo también puede vincular información no gráfica.
- *LOD 400*: Los elementos contenidos por el modelo tridimensional son representados por figuras geométricas detallados de cada uno de los objetos presentes en el proyecto, estos cuentan con información detallada referente a: tamaño, localización, orientación, capas, materiales, texturas, detalles de fabricación, especificaciones, características resistencia, propiedades de materiales, entre otras, el modelo también puede vincular información no gráfica.
- *LOD 500*: el modelo cuenta con la verificación en campo de la información de contenido referente a: tamaño, localización, orientación, cantidades, materiales, texturas, entre otros, por otro lado, los elementos son representados por figuras geométricas detalladas y vinculan información no gráfica.

Por tal motivo según la metodología propuesta en el presente trabajo de investigación, la cual está orientada al desarrollo de Fase III o diseños definitivos, se establece que las especificaciones LOD

de cada modelo desarrollado en la Fase III del proyecto responderá a las especificaciones de un LOD 400 o LOD 500.

Elementos de los modelos	Red Gas (Existente o nueva)	Red sanitaria, hidráulica y pluvial (Existente o nueva)	Red de comunicaciones (Existente o nueva)	Zonas verdes (Existente o nueva)	Superficie topográfica	Edificaciones (Existente o nueva)	Corredores viales (Existente o nueva)	Pavimentos (Existente o nueva)	Estructuras y puentes (Existente o nueva)	Refuerzo (Existente o nueva)	Fuentes hídricas (Existente o nueva)	Iluminación (Existente o nueva)	Datos del modelo (Existente o nueva)	Semaforización (Existente o nueva)	Señalización (Existente o nueva)	Señalización de ciclo vías (Existente o nueva)	Infraestructura de transporte público (Existente o nueva)	Túneles (Existente o nueva)	Urbanismo y paisajismo (Existente o nueva)	Infraestructura de ciclo vía (Existente o nueva)	Contención (Existente o nueva)	Instalaciones (Existente o nueva)	Propuesta por cambios climáticos	Pedios	Riesgo	Mitigación ambiental	Asignación del tiempo	Asignación del costo	Planificación manejo de tráfico	Información proveniente de Fase II	
Modelos BIM																															
Modelo 3D levantamiento de redes existentes	✓	✓	✓		♦							✓	✓																		•
Modelo 3D entorno de la intersección					♦	✓	✓					♦	✓				✓			✓											•
Modelo 3D consolidación	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦								
Modelo 3D consolidación condiciones existentes	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦		♦		♦	♦		♦	♦	♦	♦	♦		♦	♦										
Modelo 3D pavimentos					♦		♦	✓	♦				✓								♦		♦								•
Modelo 3D de redes de servicio	✓		✓		♦		♦					✓	✓					♦		♦					♦						•
Modelo 3D definitivo (SSS&D)					♦	♦	♦		♦			♦	✓	✓	✓	✓	✓	♦		♦	♦	✓	♦								•
Modelo 3D estructural					♦			♦	✓	✓	♦		✓					✓	♦	♦	♦	♦		♦	♦	♦	♦				•
Modelo 3D definitivo de hidráulica		✓			♦		♦		♦		♦		✓					♦	♦	♦	♦		♦	♦							•
Modelo 3D urbanístico & paisajismo	♦			♦	♦		♦	♦	♦		♦		✓	♦	♦	♦	♦	♦	✓	♦	♦				♦		♦				•
Modelo 3D definitivo intersección vial				♦	♦		✓		♦		♦		✓							✓	♦				♦	♦	♦				•
Modelo 3D amenaza, vulnerabilidad y riesgo				♦	♦	♦	♦		♦				✓	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦		♦	♦		✓	♦				•

Figura 22. Contenido de modelos BIM – Fase III – parte 1.

Elementos de los modelos	Red Gas (Existente o nueva)	Red sanitaria, hidráulica y pluvial (Existente o nueva)	Red de comunicaciones (Existente o nueva)	Zonas verdes (Existente o nueva)	Superficie topográfica	Edificaciones (Existente o nueva)	Corredores viales (Existente o nueva)	Pavimentos (Existente o nueva)	Estructuras y puentes (Existente o nueva)	Refuerzo (Existente o nueva)	Fuentes hídricas (Existente o nueva)	Iluminación (Existente o nueva)	Datos del modelo (Existente o nueva)	Semaforización (Existente o nueva)	Señalización (Existente o nueva)	Señalización de ciclo vías (Existente o nueva)	Infraestructura de transporte público (Existente o nueva)	Túneles (Existente o nueva)	Urbanismo y paisajismo (Existente o nueva)	Infraestructura de ciclo vía (Existente o nueva)	Contención (Existente o nueva)	Instalaciones (Existente o nueva)	Propuesta por cambios climáticos	Pedios	Riesgo	Mitigación ambiental	Asignación del tiempo	Asignación del costo	Planificación manejo de tráfico	Información proveniente de Fase II		
Modelos BIM																																
Modelo 3D definitivo estudio de estructuras existentes					♦				✓				✓					✓													•	
Modelo 3D alternativa					♦		✓		✓				✓	✓	✓	✓	✓			✓											•	
Modelo 3D obras de mitigación ambiental				✓	♦		♦	♦			♦		✓							♦	♦		♦	♦	♦	✓					•	
Modelo 3D hidrología e hidráulica					♦						✓		✓											♦							•	
Modelo 3D climatológico					♦								✓										✓								•	
Modelo 3D afectación predial					♦								✓								♦			✓	♦						•	
Modelo 4D planificación de la construcción	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	✓	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	✓			
Modelo 5D análisis del costo del corredor vial	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	✓	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦				
Modelo 3D geológico y geotécnico				♦	♦		♦		♦		♦		✓					♦		♦	✓			♦	♦	♦					•	
Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación					✓								✓																		•	
Modelo 3D plan de manejo de tráfico	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	✓	♦	♦	♦	♦	♦	♦		♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	✓		
Modelo 3D simulación de alternativa						♦	♦						✓	✓	✓	✓	✓			♦											•	

Figura 23. Contenido de modelos BIM – Fase III – parte 2.

1.19.3 Mapas de procesos generales y detallados

Los mapas de procesos para la caracterización de la metodología propuesta en la presente investigación fueron elaborados en forma de piscina olímpica, por tanto, presentan distintos carriles que están dedicados a diferentes fines.

Para los mapas generales, el primer carril de arriba hacia abajo contiene información relacionada a la información de entrada requerida para cada uno de los procesos, el segundo contiene los usos BIM requeridos, el tercero los procesos identificados, y el cuarto los archivos de salida de cada uno de los procesos. Los vínculos de la información presentada con los procesos se encuentran representados por líneas punteadas. Por otro lado, la aplicación de las herramientas Lean Construction a los procesos se encuentra codificada con VM para la herramienta Visual Management y BR para Big Room.

Al igual que los mapas generales, los mapas detallados cuentan con carriles relacionados a distintos fines. De arriba hacia abajo, el primer carril contiene carpetas de información de entrada a los procesos, el segundo está relacionado a los parámetros necesarios para la realización de los procesos, el tercero a los subprocesos que involucra el proceso general al que el mapa hace referencia, el cuarto a los parámetros de salida, y el quinto de los archivos de salida. Los vínculos de la información descrita con los procesos se encuentran representados por líneas punteadas.

La Figura 24 presenta una ilustración de la forma en que son presentados los mapas generales desarrollados para la caracterización de la metodología propuesta, de igual manera, se presenta el vínculo entre mapas y las fichas de caracterización de cada uno de los procesos, las cuales son presentadas en la sección 4.2.3.

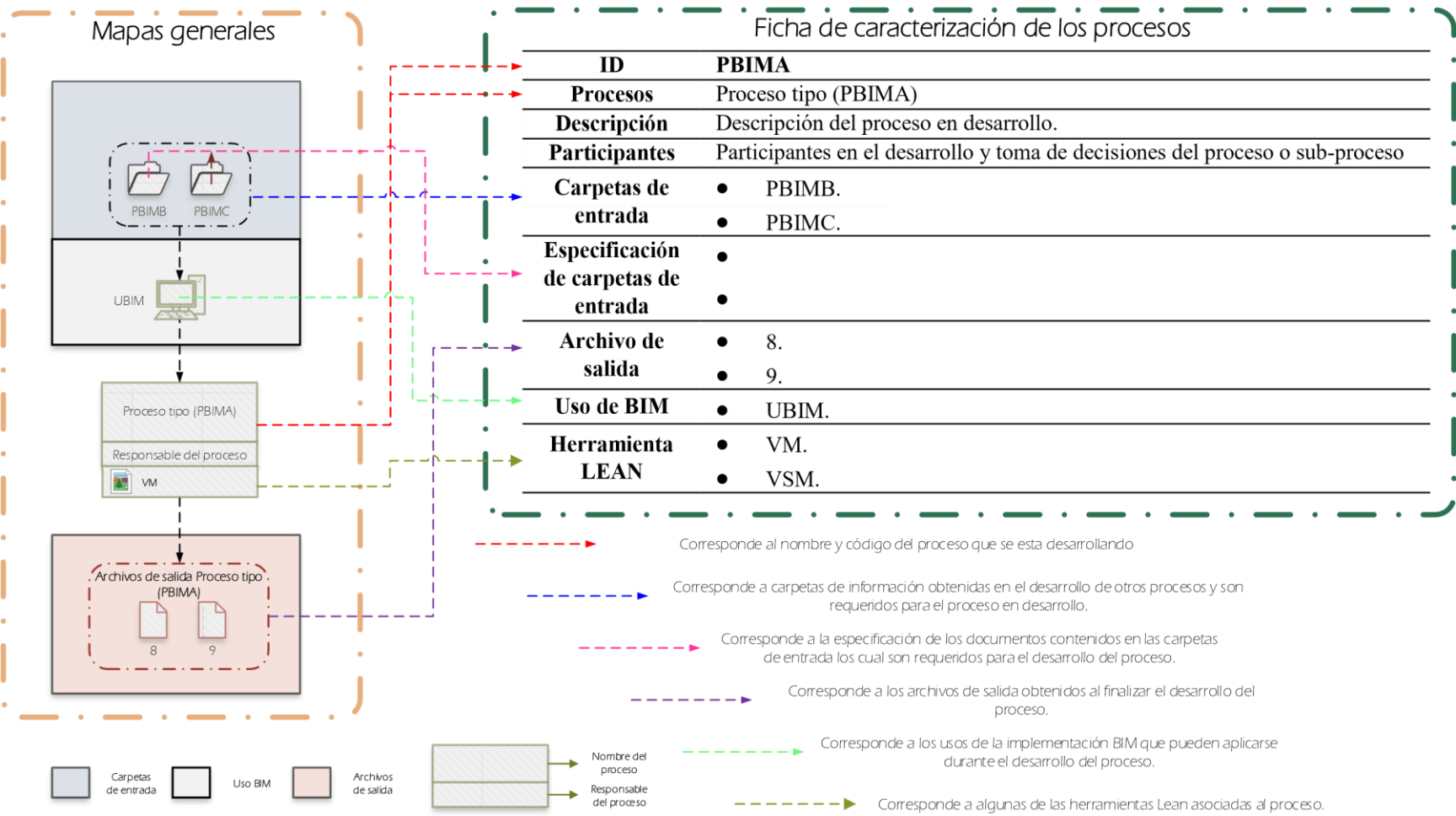


Figura 24. Mapa de procesos del diseño geométrico de intersecciones – Fase III.

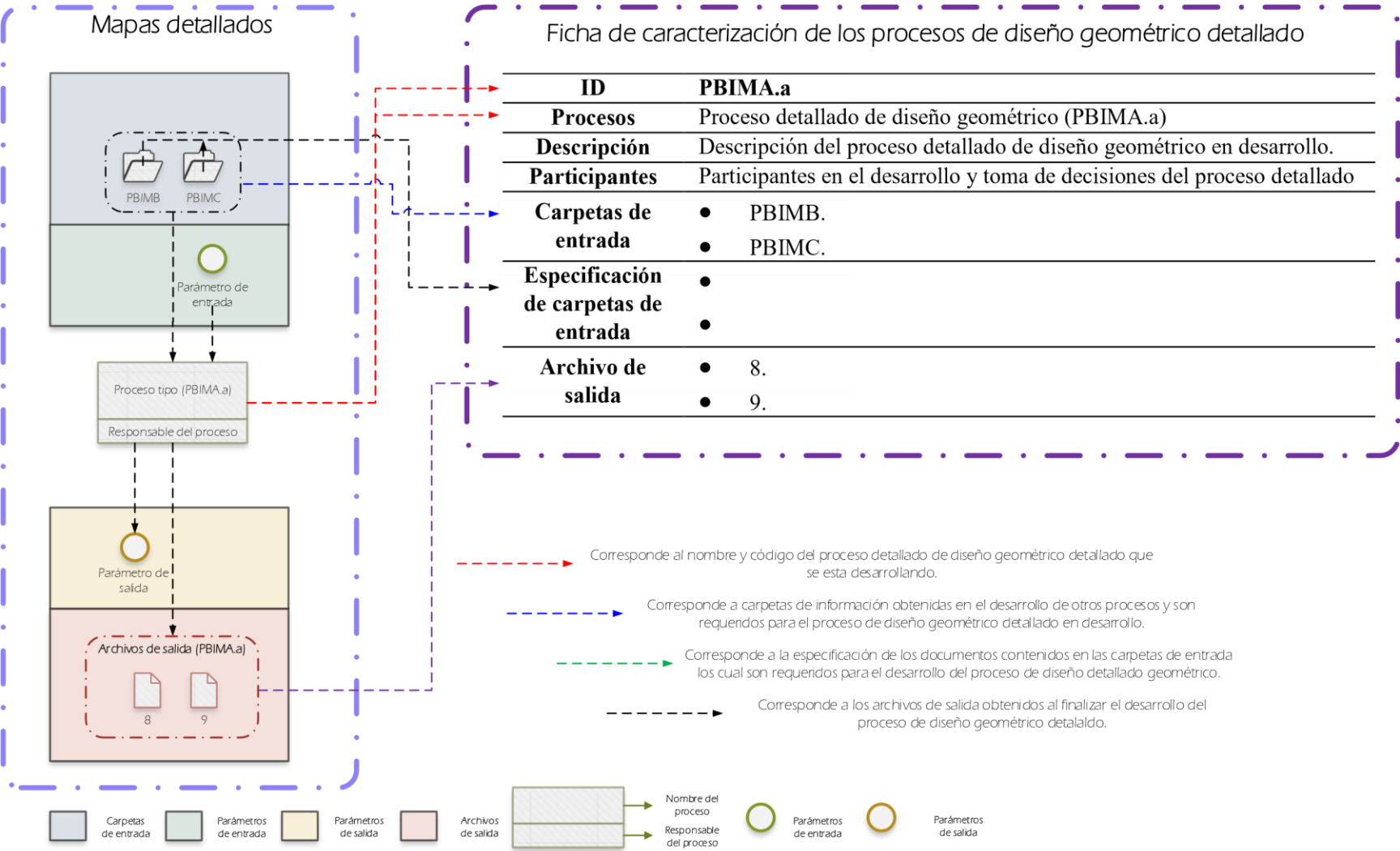


Figura 25. Mapa de procesos del diseño geométrico detallado de intersecciones – Fase III

De manera similar que se presentó para los mapas de procesos generales, la Figura 25 presenta una ilustración de la forma en que son presentados los mapas detallados desarrollados para la caracterización de la metodología propuesta, igualmente, se presenta el vínculo entre mapas y las fichas de caracterización de los procesos, las cuales son presentadas en la sección 4.2.3.

1.19.3.1 Mapa general Fase III

Las Figuras 26 a 32 muestran el mapa general de procesos requeridos para la elaboración del diseño Fase III de una intersección a desnivel. Debido a la extensión del mapa, este fue dividido en 7 partes, a las cuales fueron asignados un conjunto de conectores mostrados en color verde, sin embargo, como anexo al presente documento el lector podrá consultar el mapa sin divisiones para un mejor entendimiento. Como se ilustra, el mapa general contiene procesos que involucran diferentes disciplinas de diseño, donde se destaca el proceso denominado “diseño geométrico definitivo de intersecciones” con código PBIM12, el cual conlleva al mapa general de procesos que es presentado en la siguiente sección.

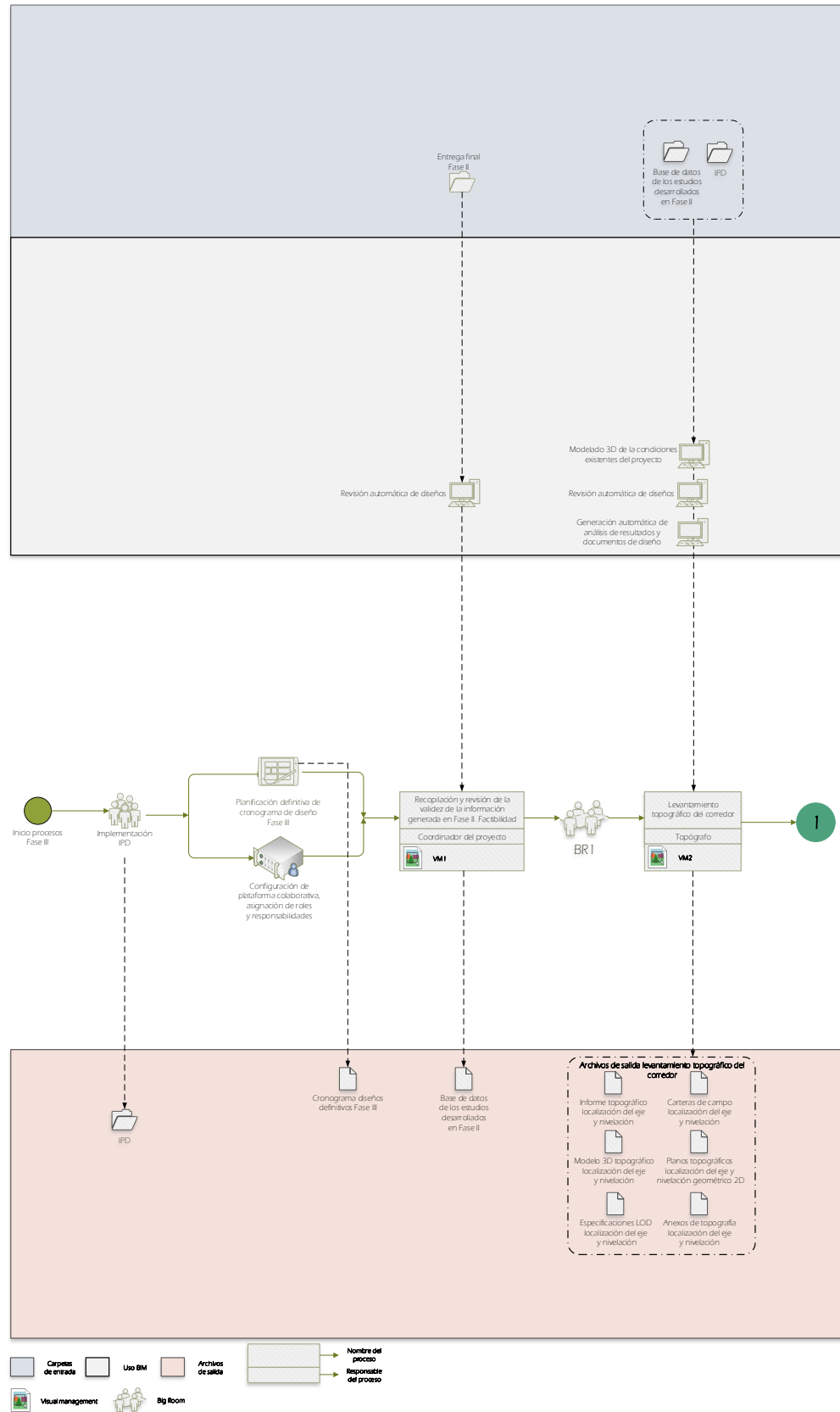


Figura 26. Mapa general de procesos de diseño – Fase III – parte 1.

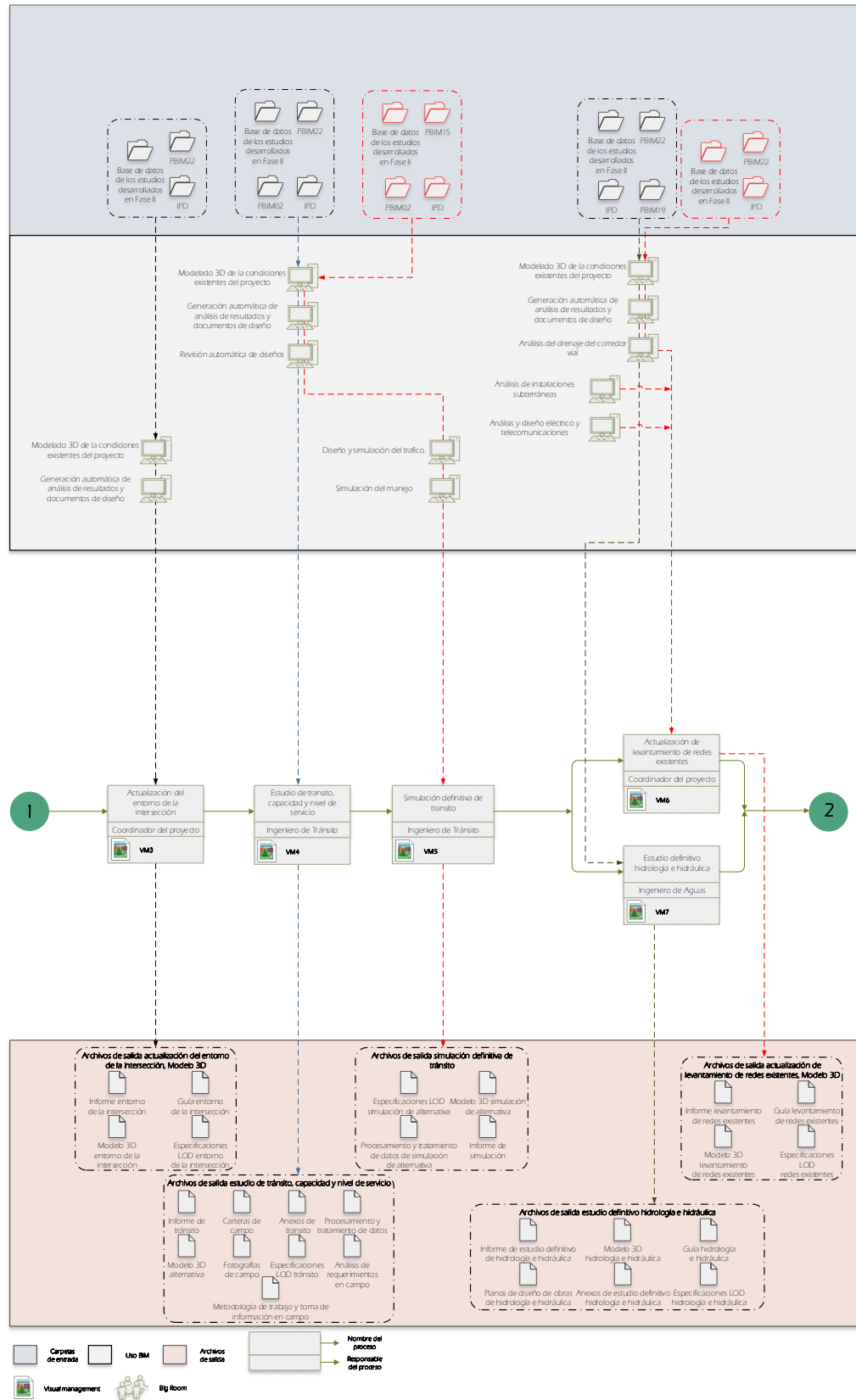


Figura 27. Mapa general de procesos de diseño – Fase III – parte 2.

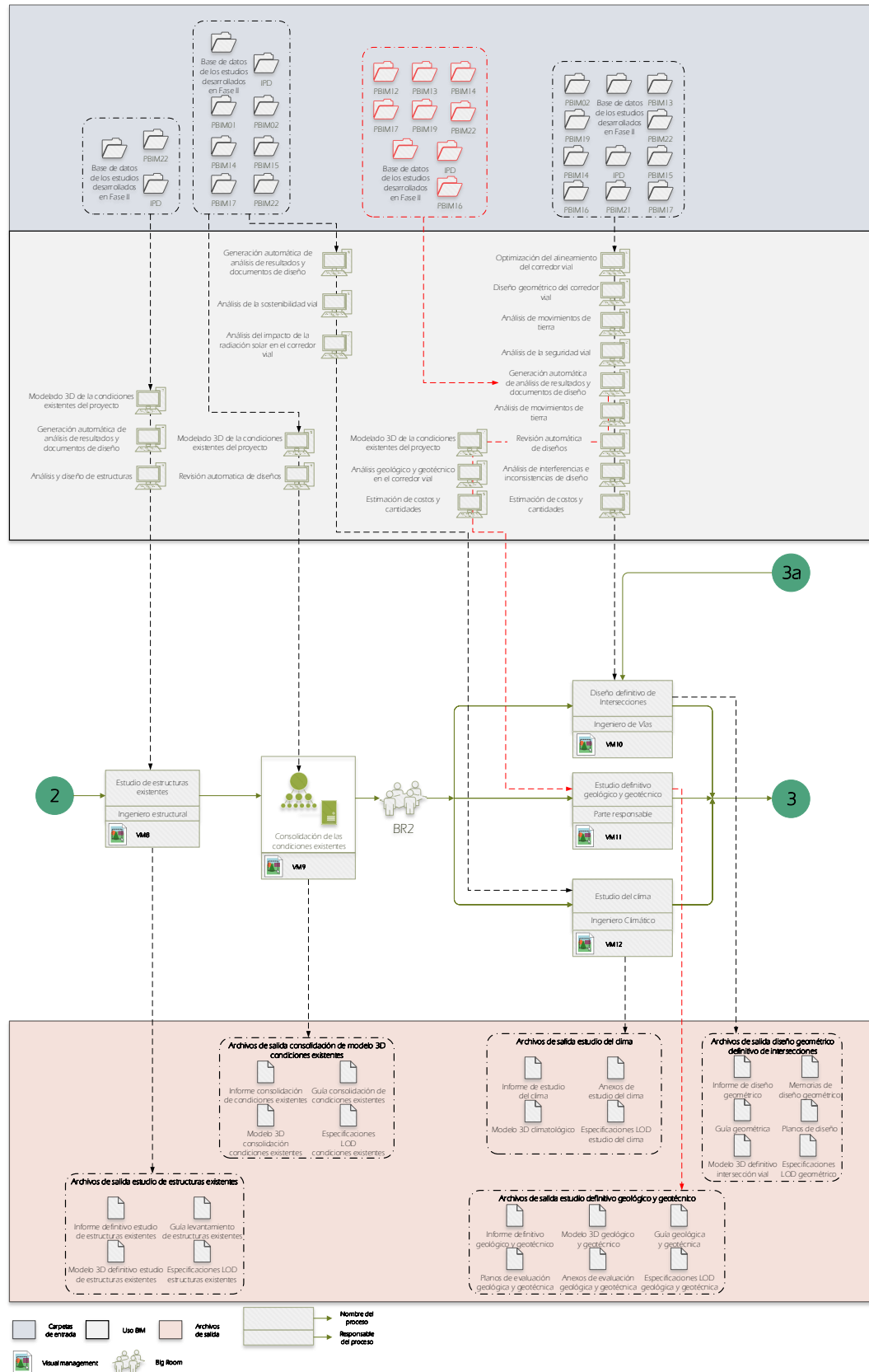


Figura 28. Mapa general de procesos de diseño – Fase III – parte 3.

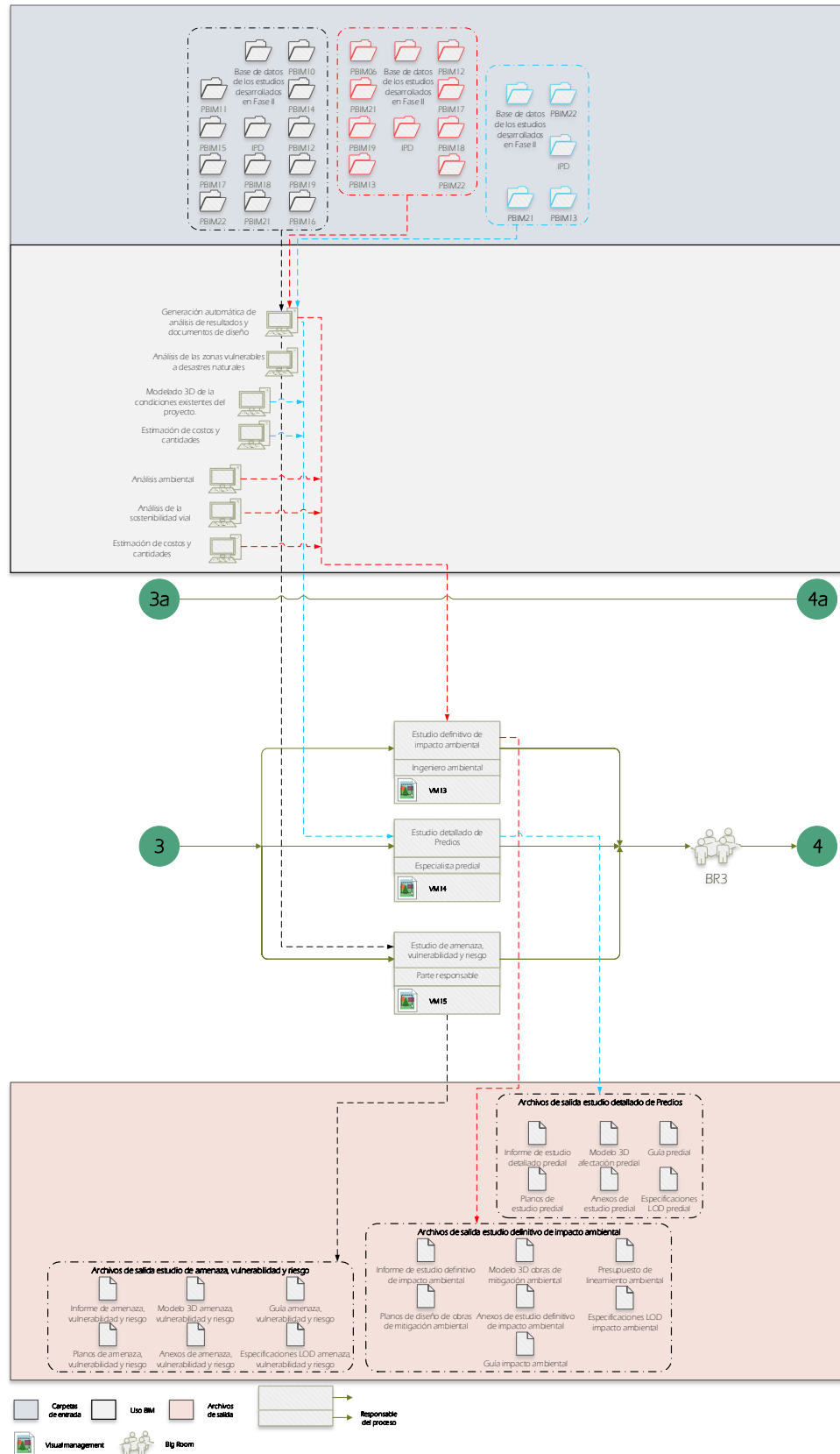


Figura 29. Mapa general de procesos de diseño – Fase III – parte 4.

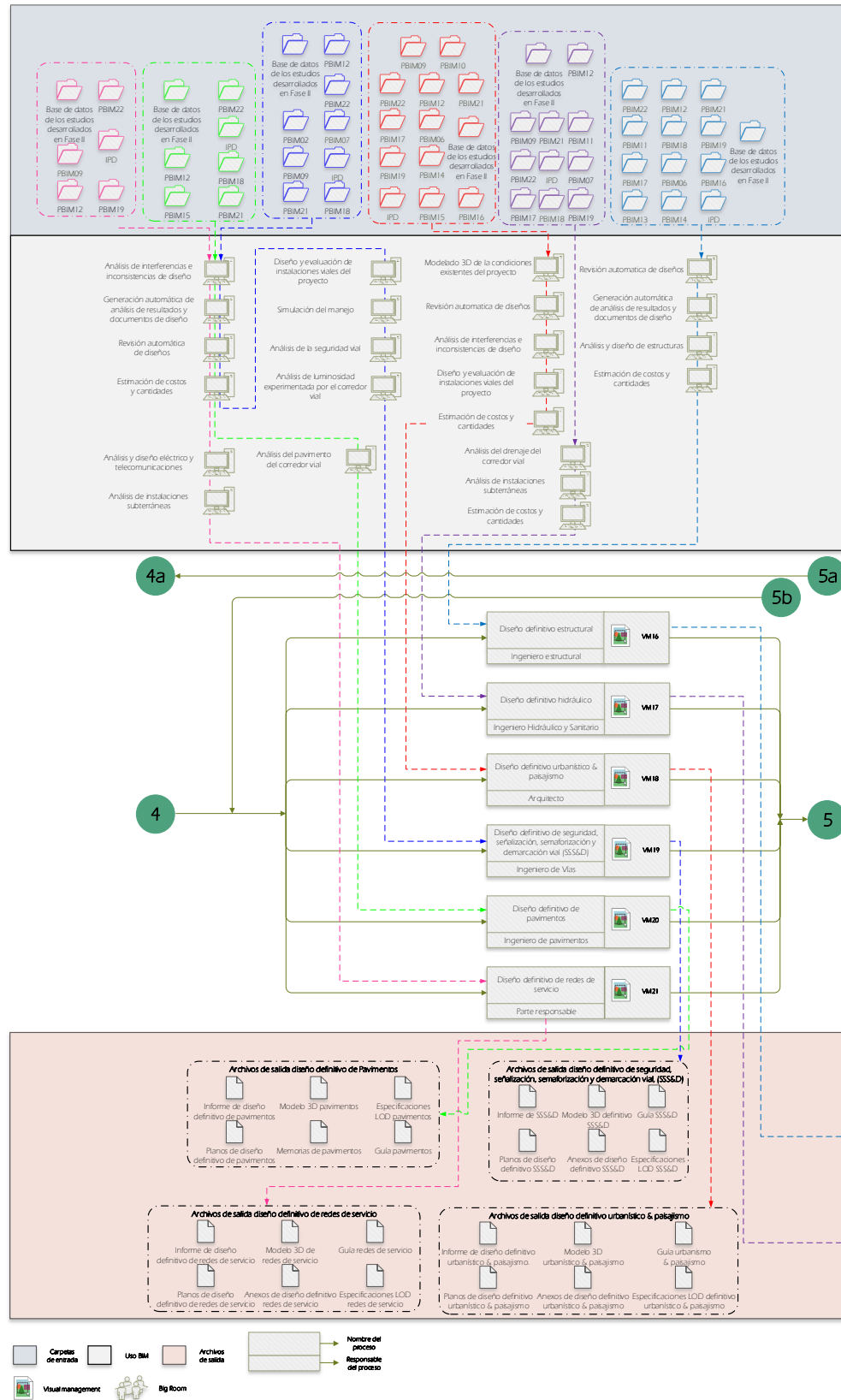


Figura 30. Mapa general de procesos de diseño – Fase III – parte 5.

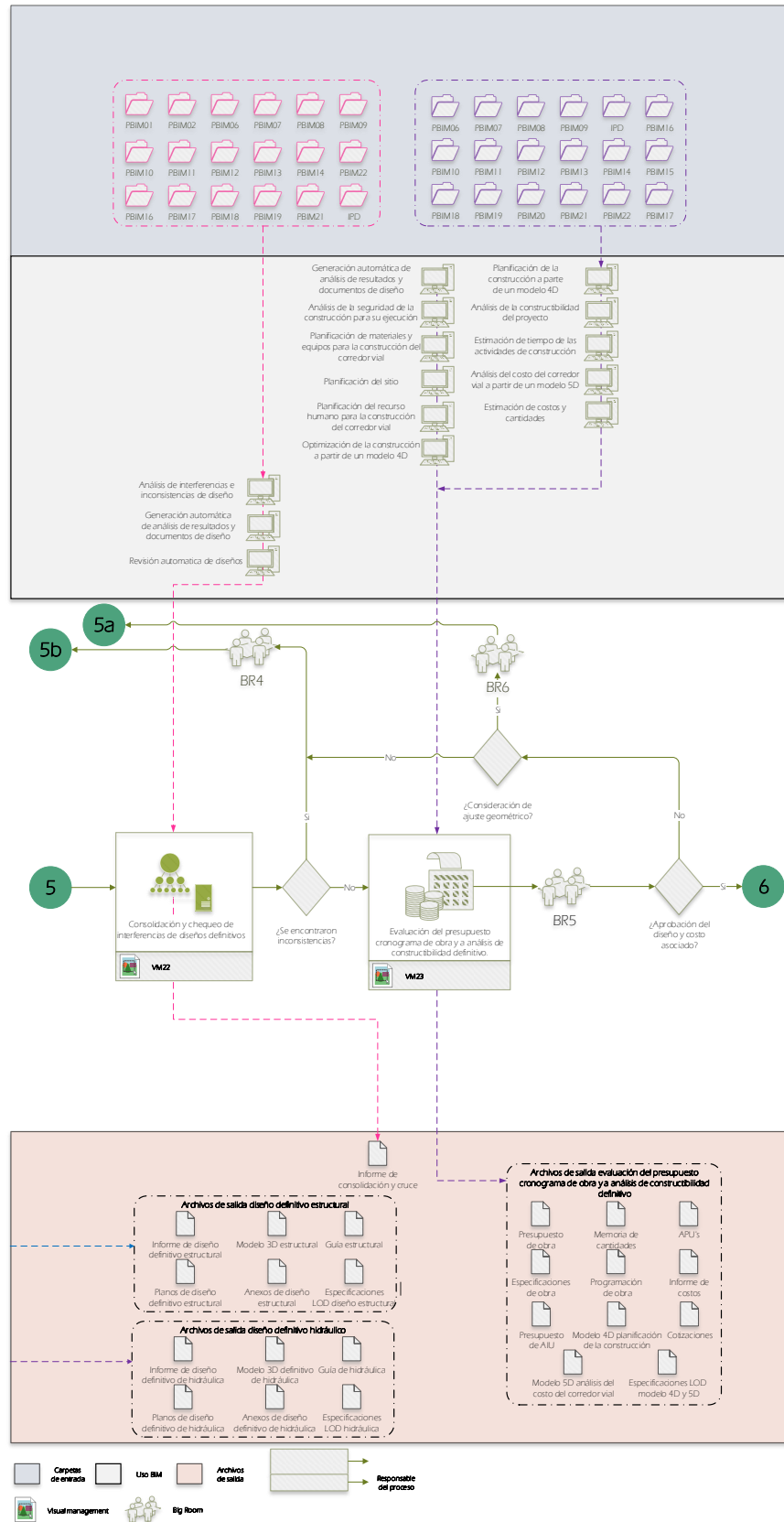


Figura 31. Mapa general de procesos de diseño – Fase III – parte 6.

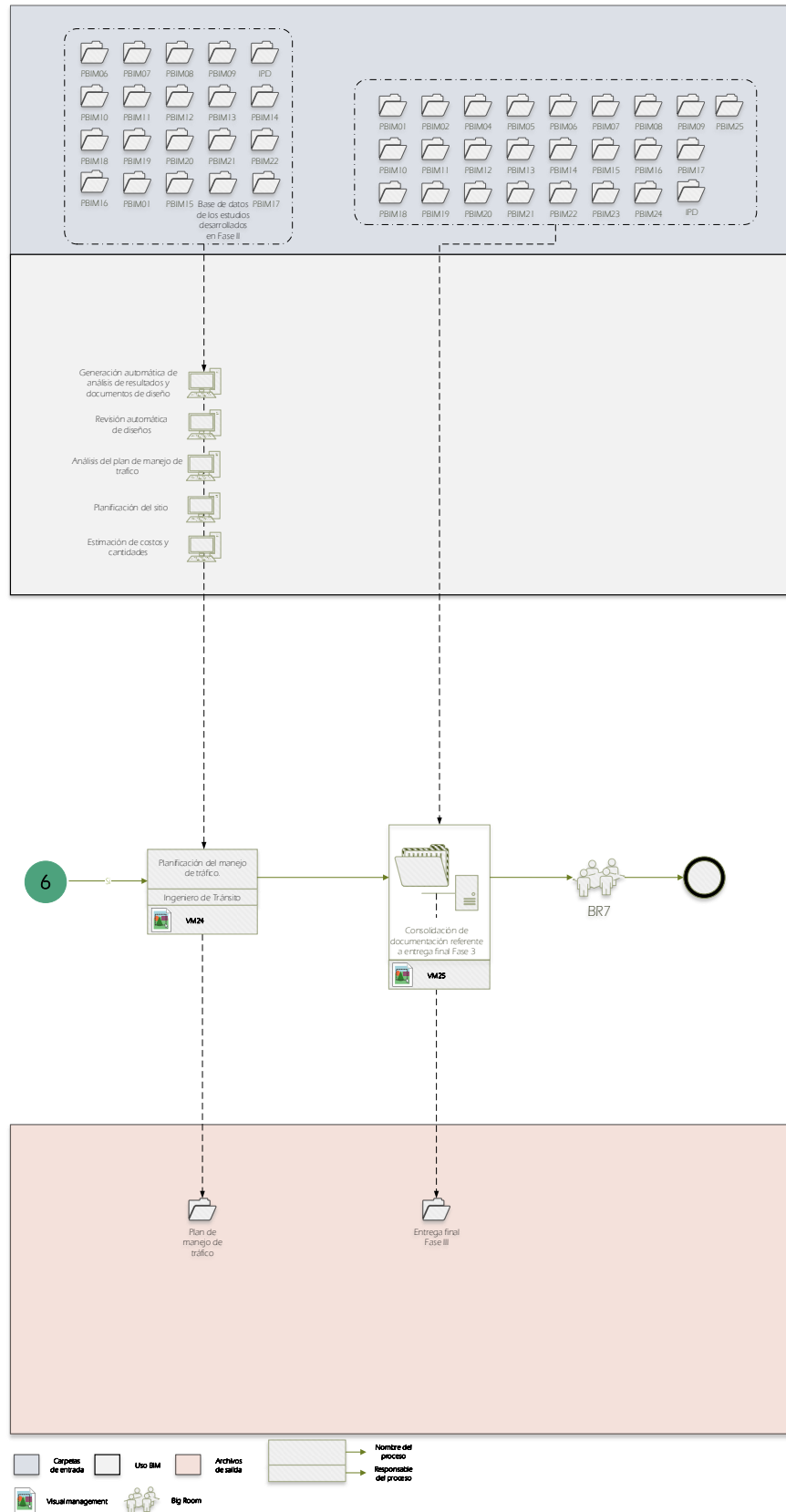


Figura 32. Mapa general de procesos de diseño – Fase III – parte 7.

1.19.3.2 Mapa general del diseño geométrico de intersecciones a desnivel

Las Figuras 33 a 39 muestran el mapa general de diseño de intersecciones, el cual contiene los procesos requeridos para el desarrollo del diseño geométrico de una intersección vial. Debido a la extensión del mapa, este fue dividido en 7 partes, a las cuales fueron asignados un conjunto de conectores mostrados en color morado, sin embargo, como anexo al presente documento el lector podrá consultar el mapa sin divisiones para un mejor entendimiento. Como se ilustra, el mapa general diseño geométrico presenta distintos procesos los cuales están caracterizados por los mapas detallados que son presentados en la siguiente sección.

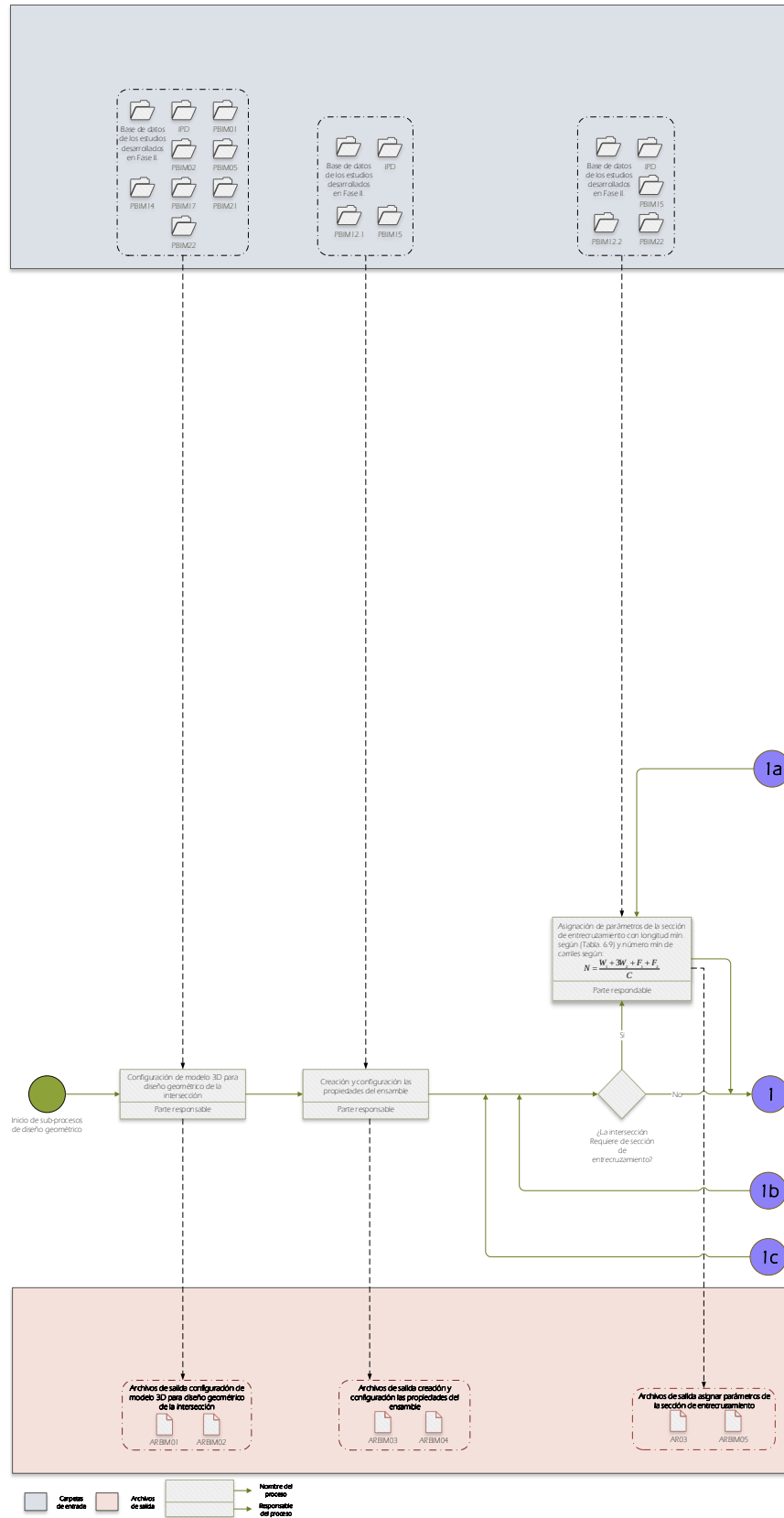


Figura 33. Mapa general de procesos de diseño geométrico de intersecciones parte 1.

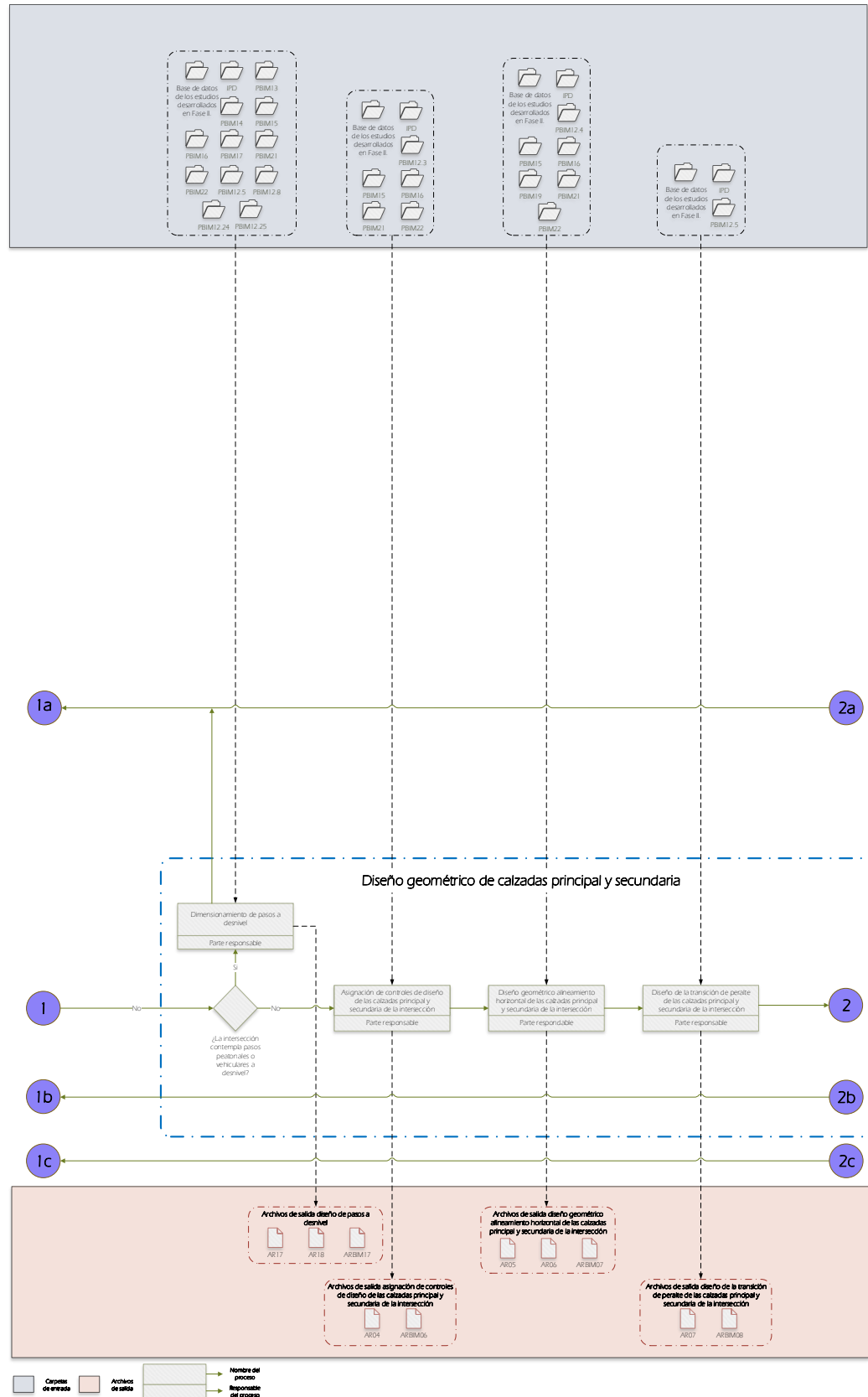


Figura 34. Mapa general de procesos de diseño geométrico de intersecciones parte 2.

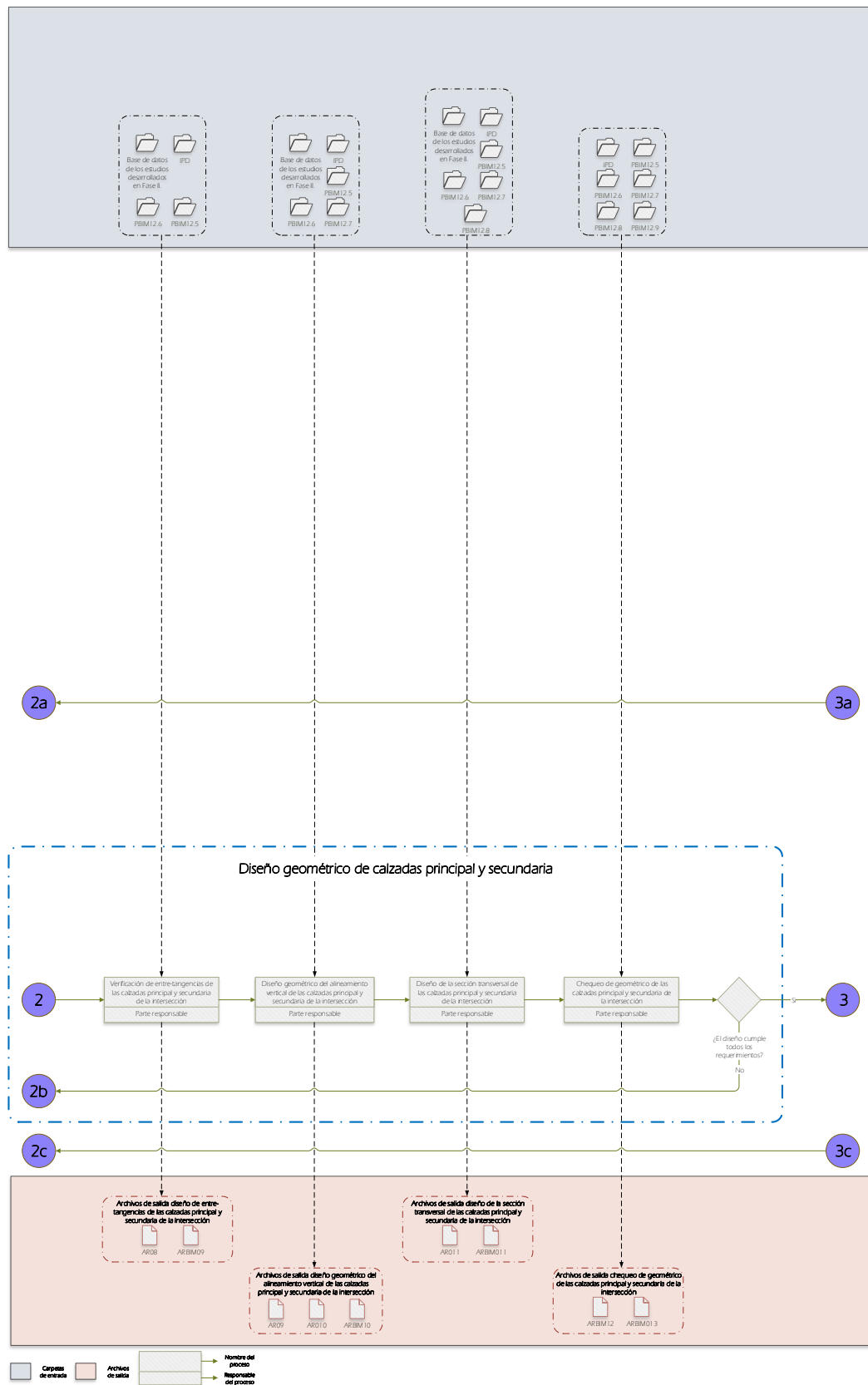


Figura 35. Mapa general de procesos de diseño geométrico de intersecciones parte 3.

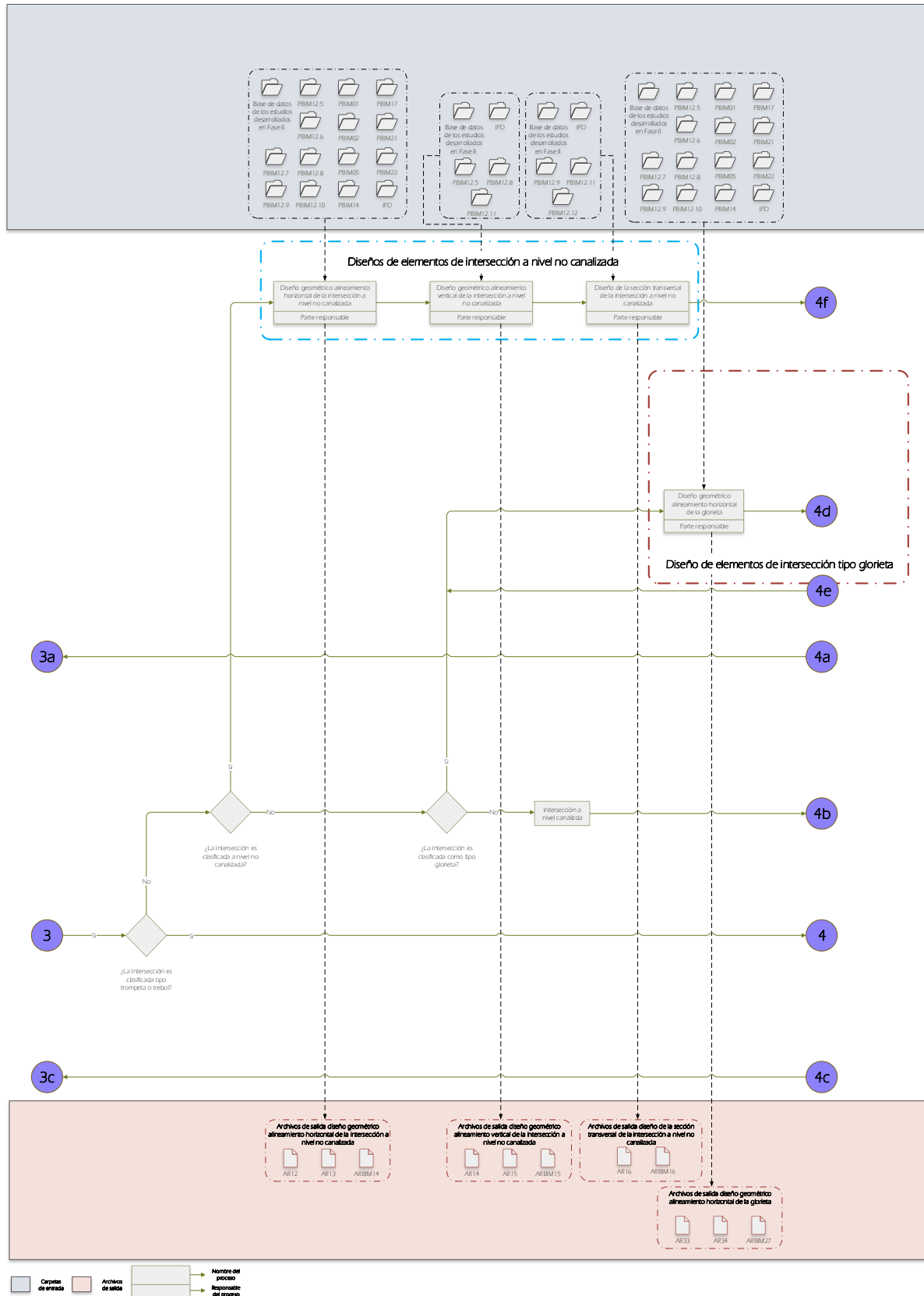
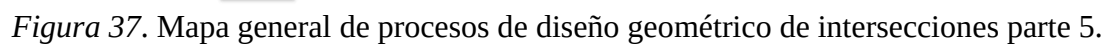
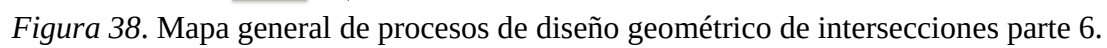


Figura 36. Mapa general de procesos de diseño geométrico de intersecciones parte 4.





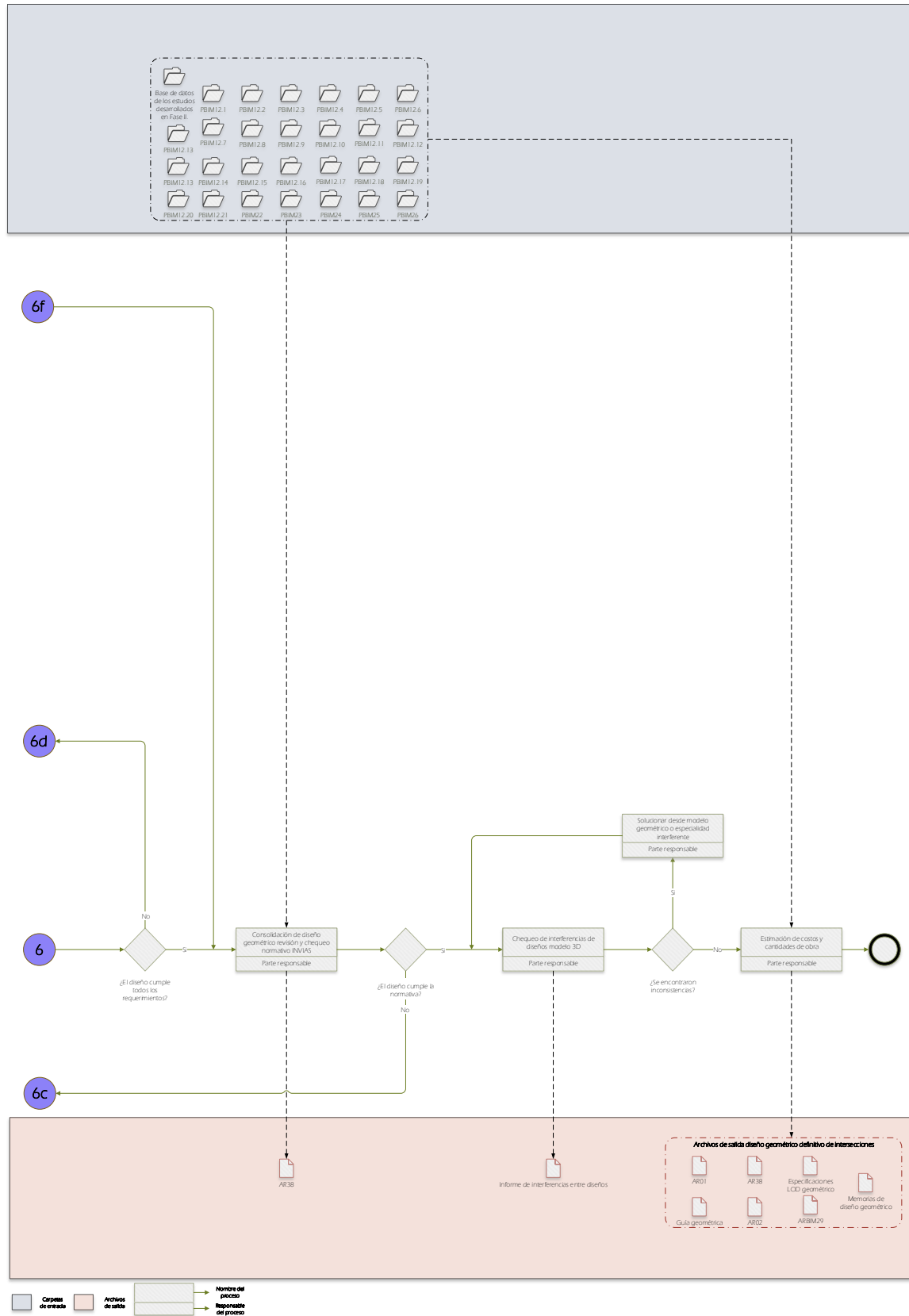


Figura 39. Mapa general de procesos de diseño geométrico de intersecciones parte 7.

1.19.3.3 Mapas detallados del diseño geométrico de intersecciones a desnivel

Las Figuras 40 a 68 muestran los mapas que contienen los subprocesos necesarios para llevar a cabo el diseño geométrico de una intersección a desnivel, algunos son presentados completos mientras que otros son presentados divididos en partes, esto tomando en cuenta su extensión. Sin embargo, el lector podrá obtener el mapa completo mediante la consulta de los conectores dispuestos en color morado, adicional a esto se incluye un anexo en el que se encuentran la totalidad de los mapas generales y detallados.

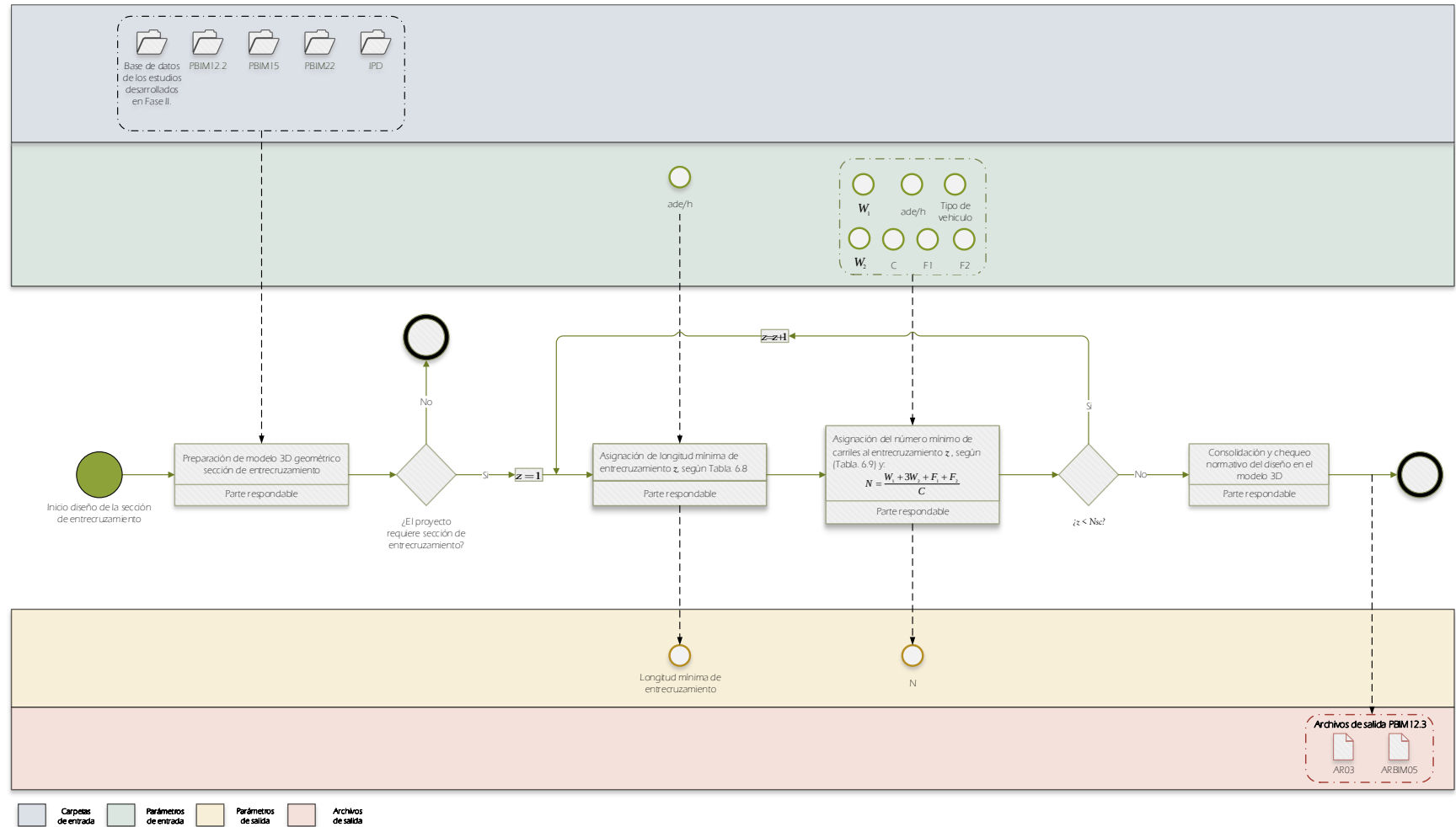


Figura 40. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño de la sección de entrecruzamiento”.

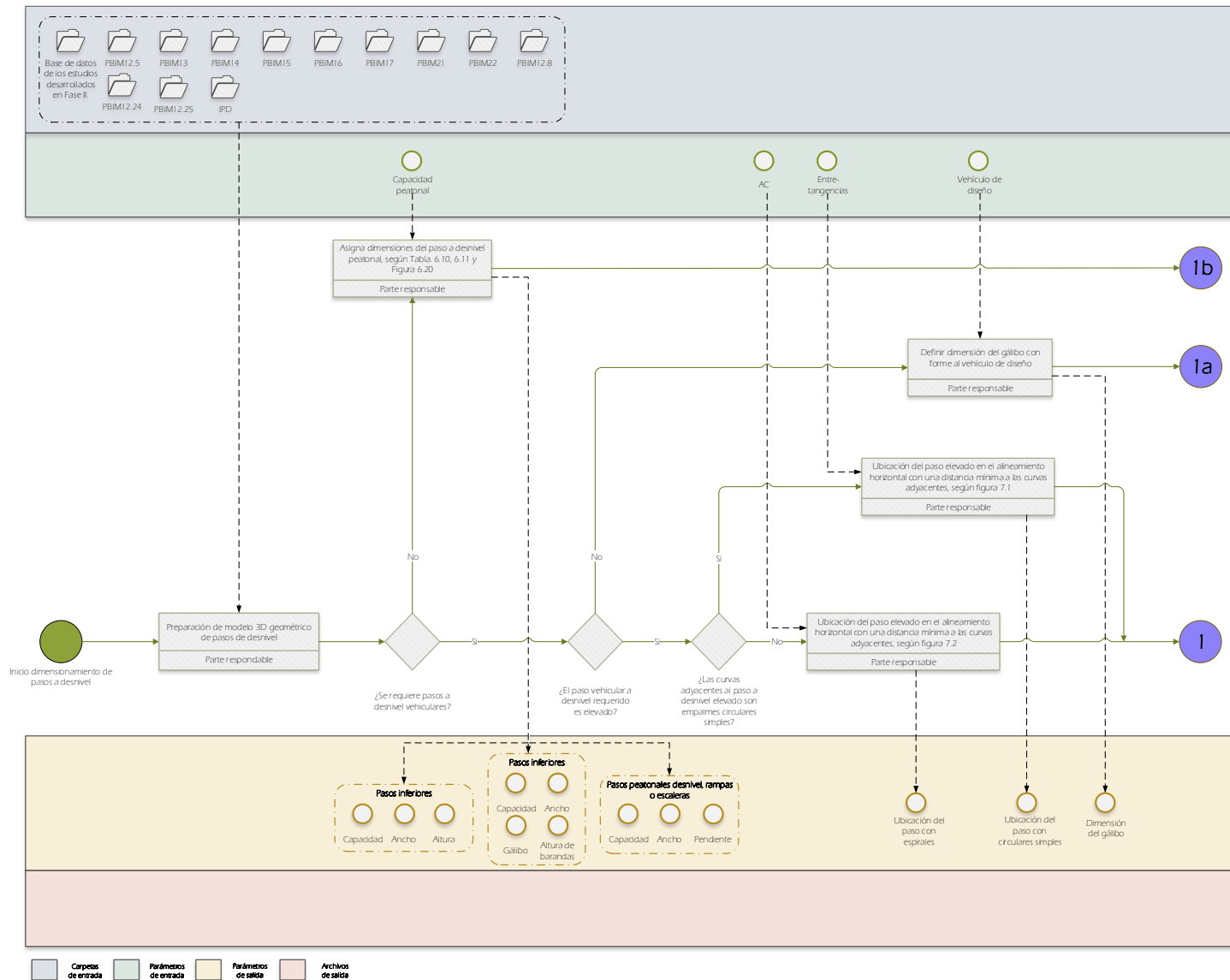


Figura 41. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “dimensionamiento de los pasos a desnivel” parte 1.

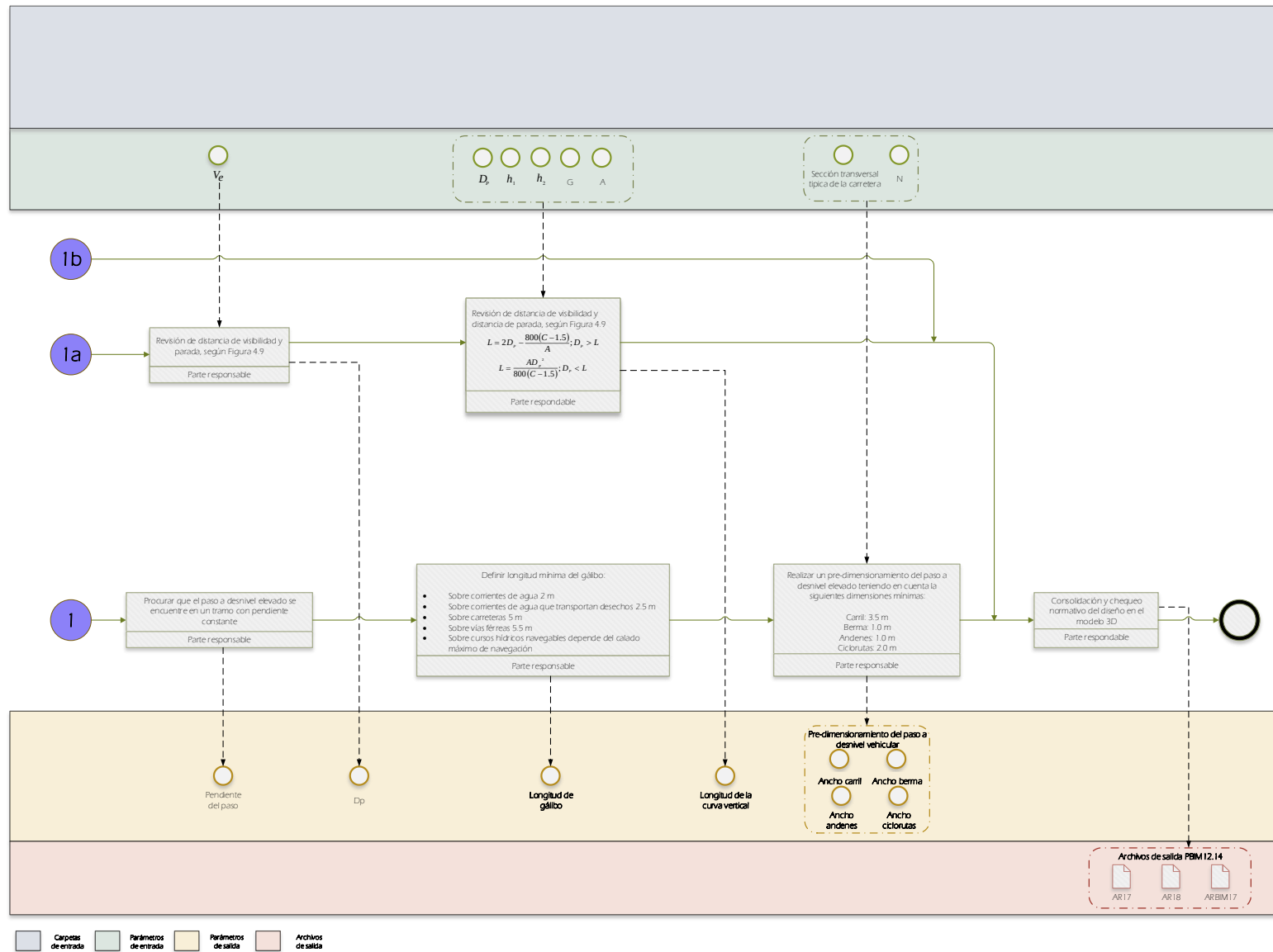


Figura 42. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “dimensionamiento de los pasos a desnivel” parte 2.

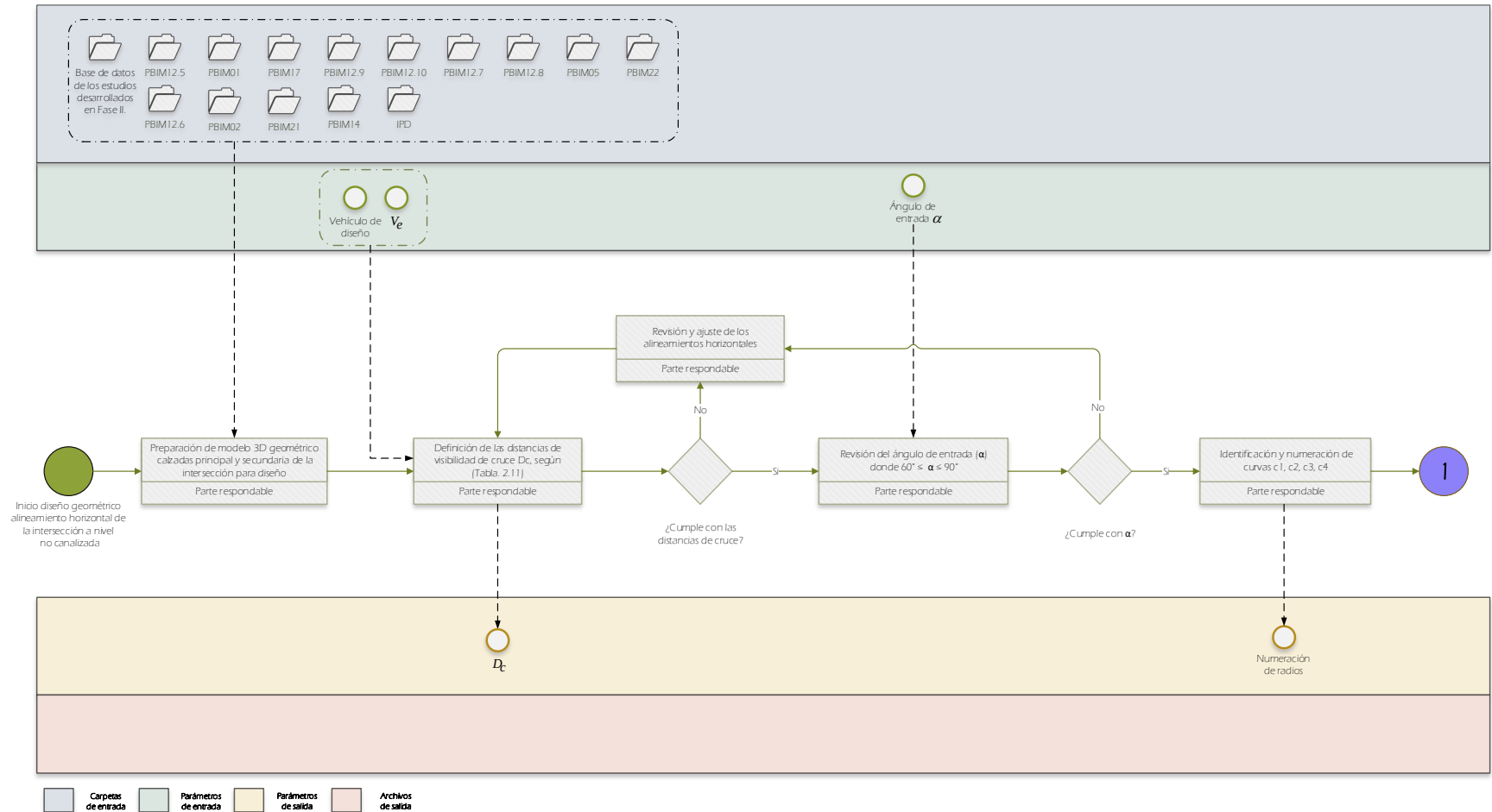


Figura 43. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada” - parte 1.

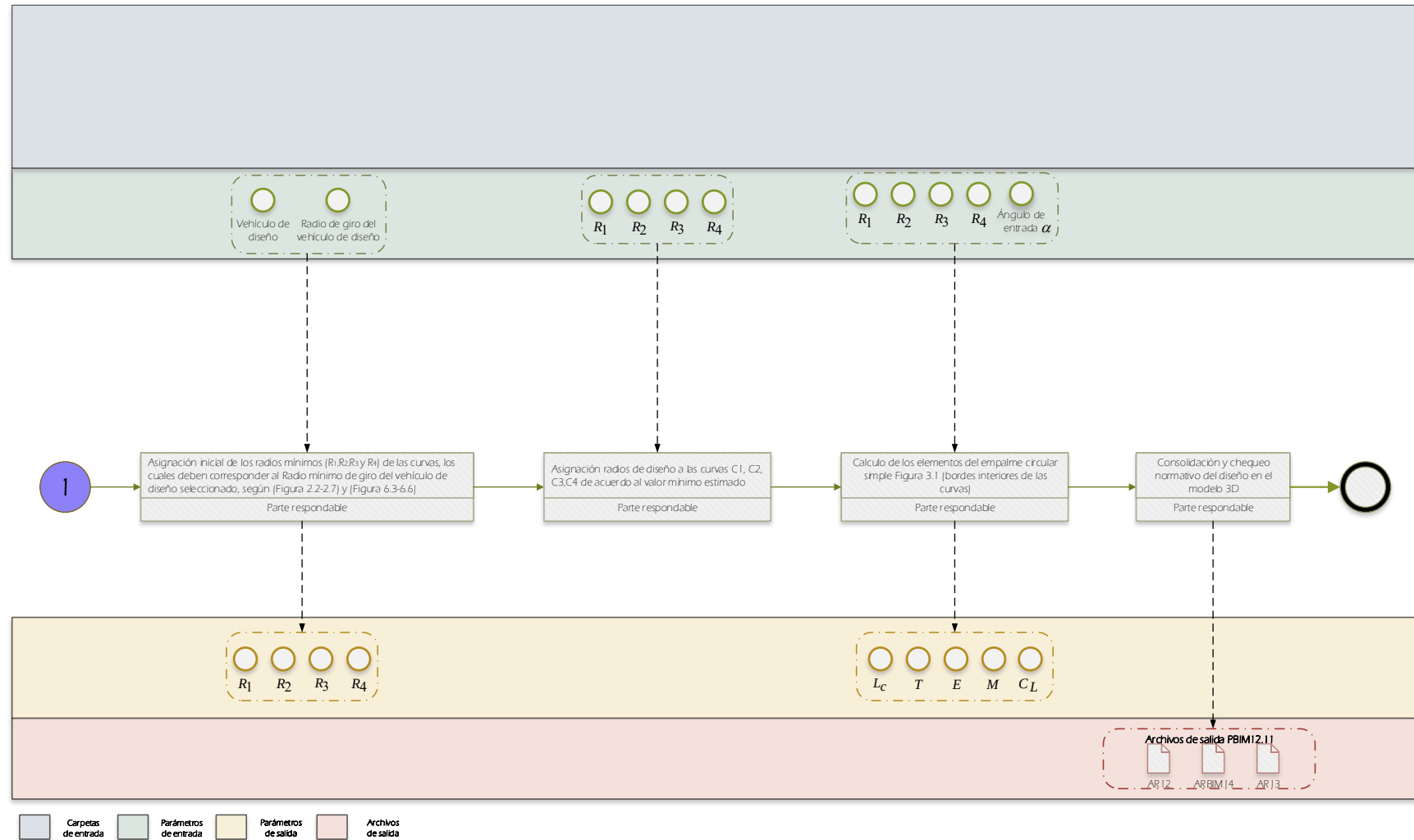


Figura 44. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada” - parte 2

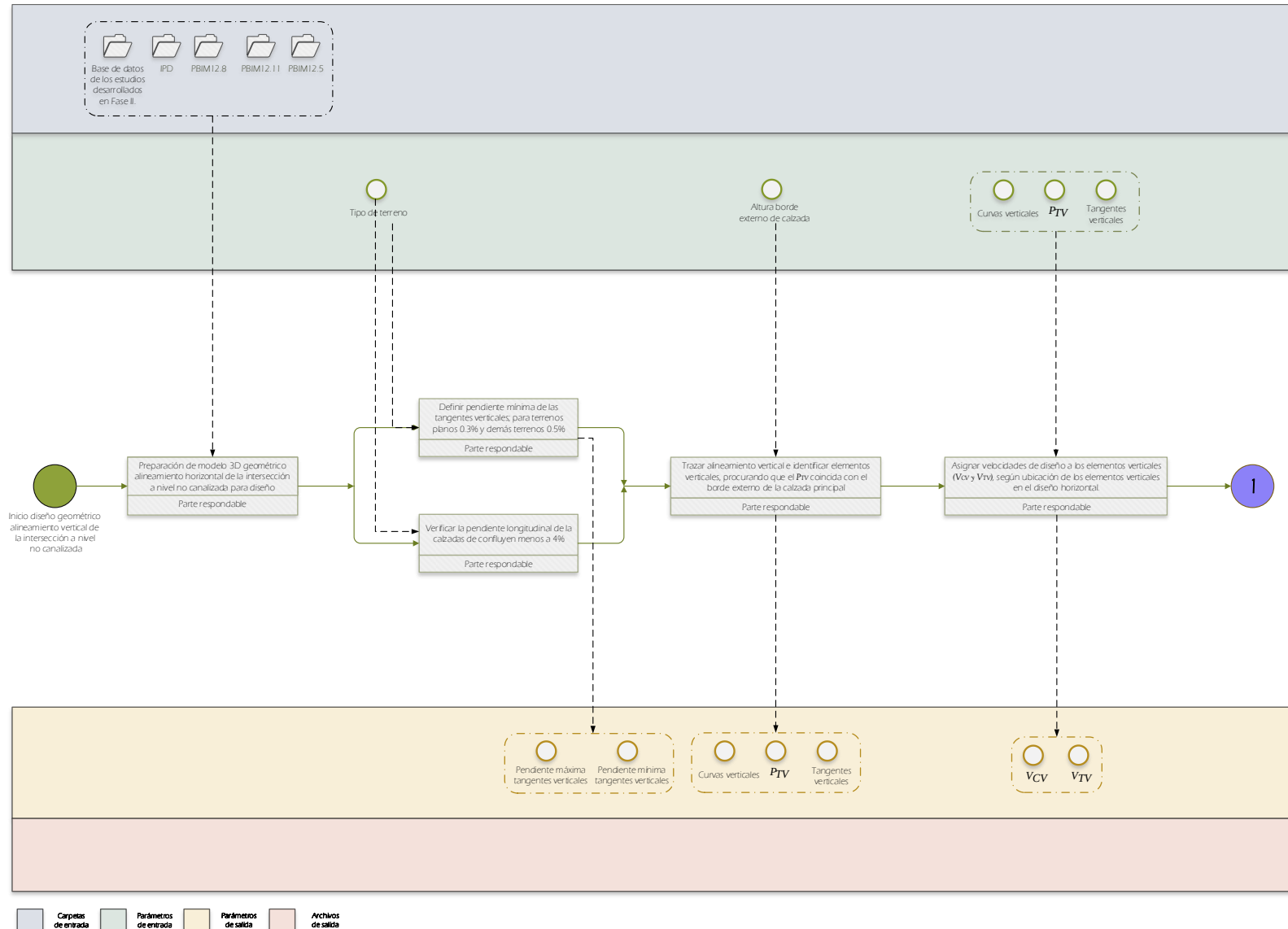


Figura 45. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada” - parte 1.

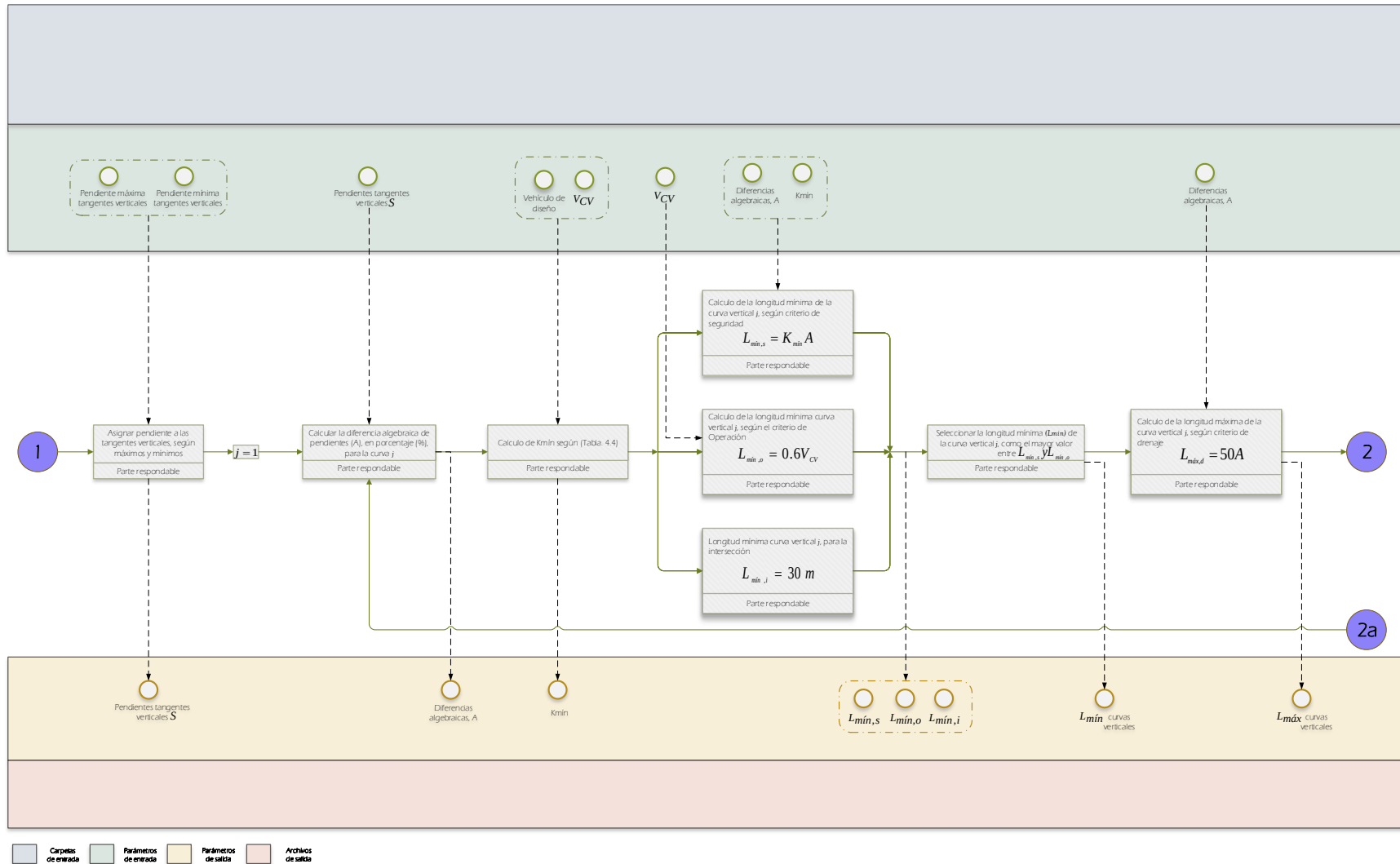


Figura 46. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada” - parte 2.

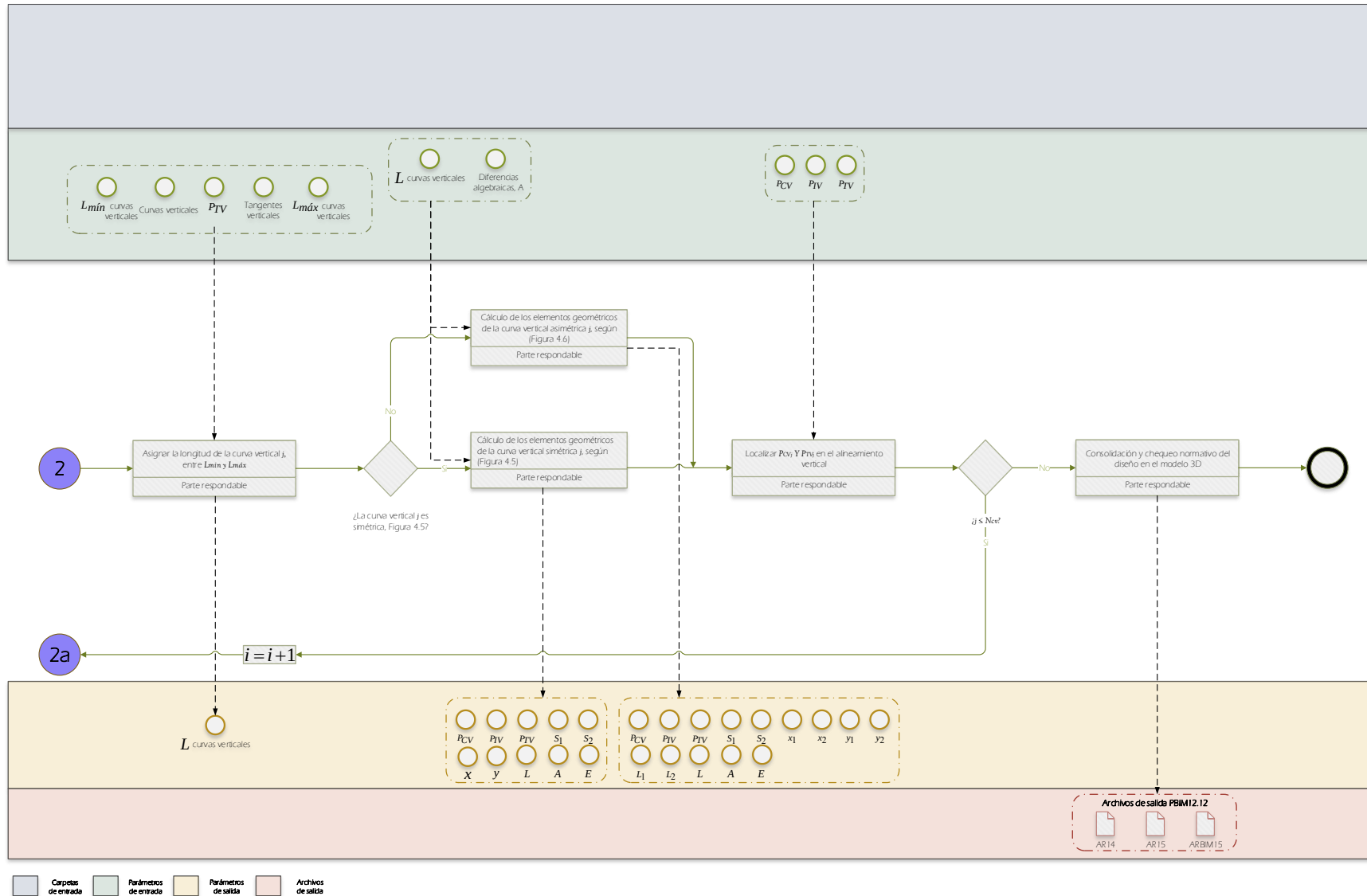


Figura 47. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada” - parte 3.

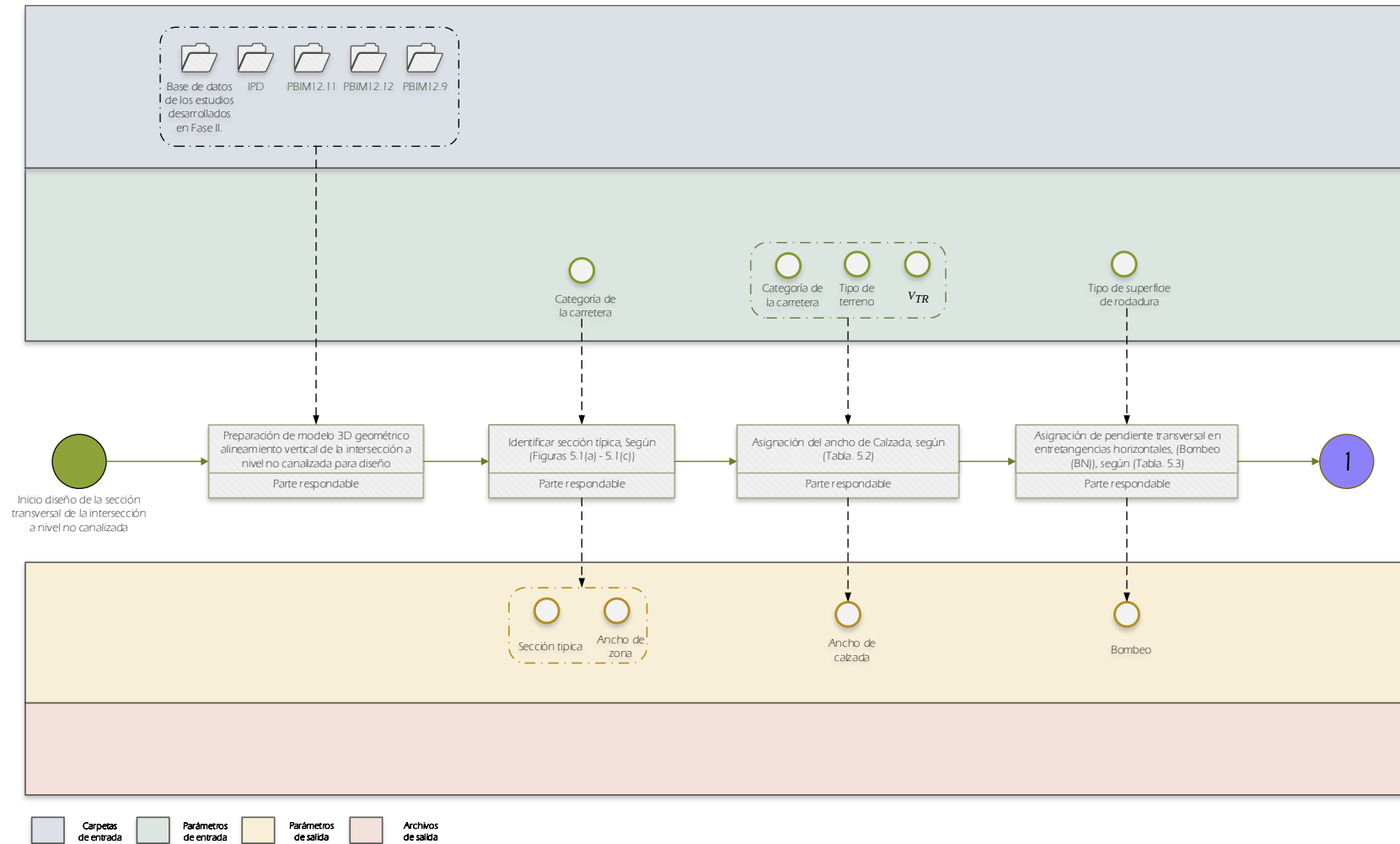


Figura 48. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño de la sección transversal de la intersección a nivel no canalizada” - parte 1.

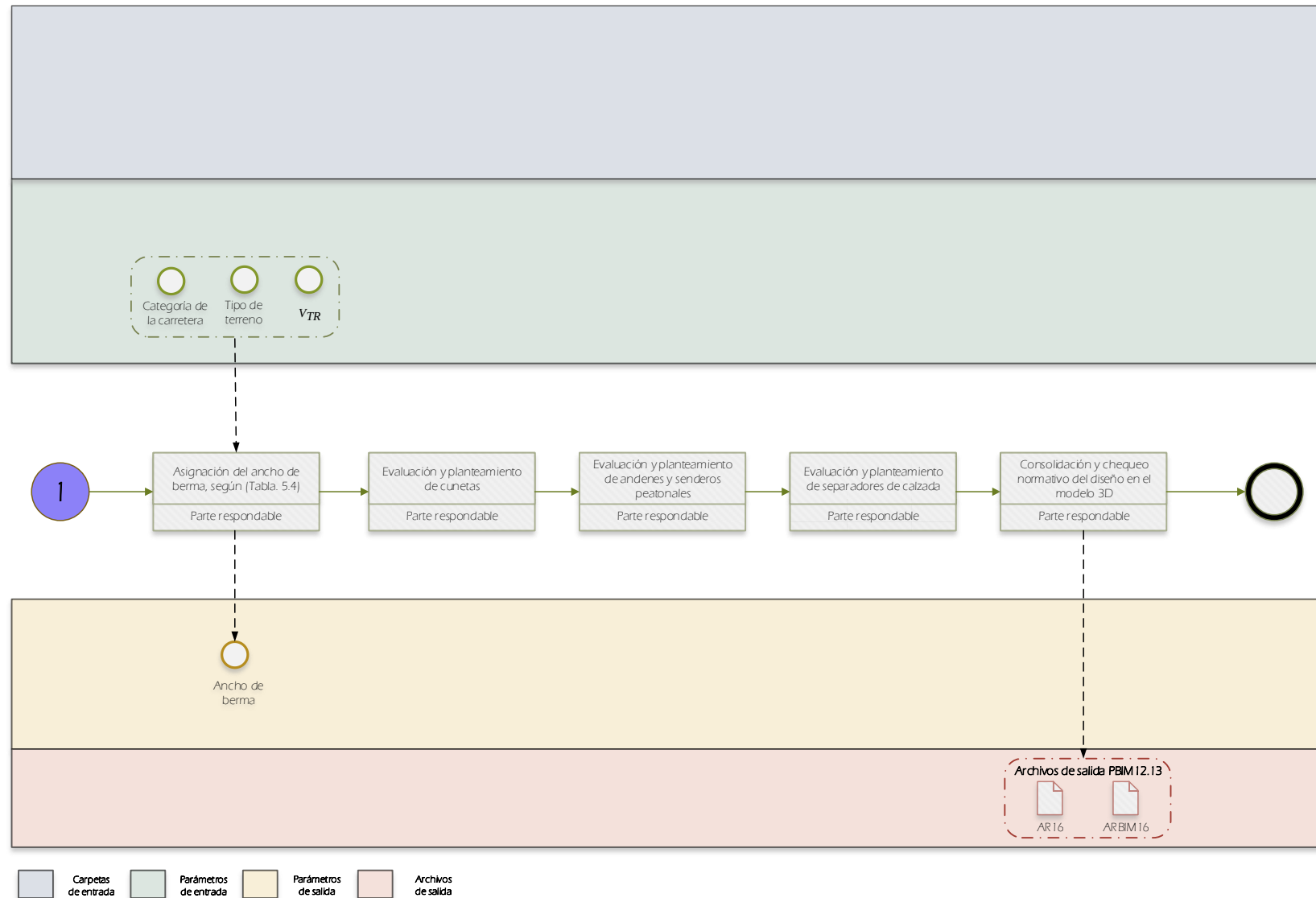


Figura 49. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño de la sección transversal de la intersección a nivel no canalizada” - parte 2.

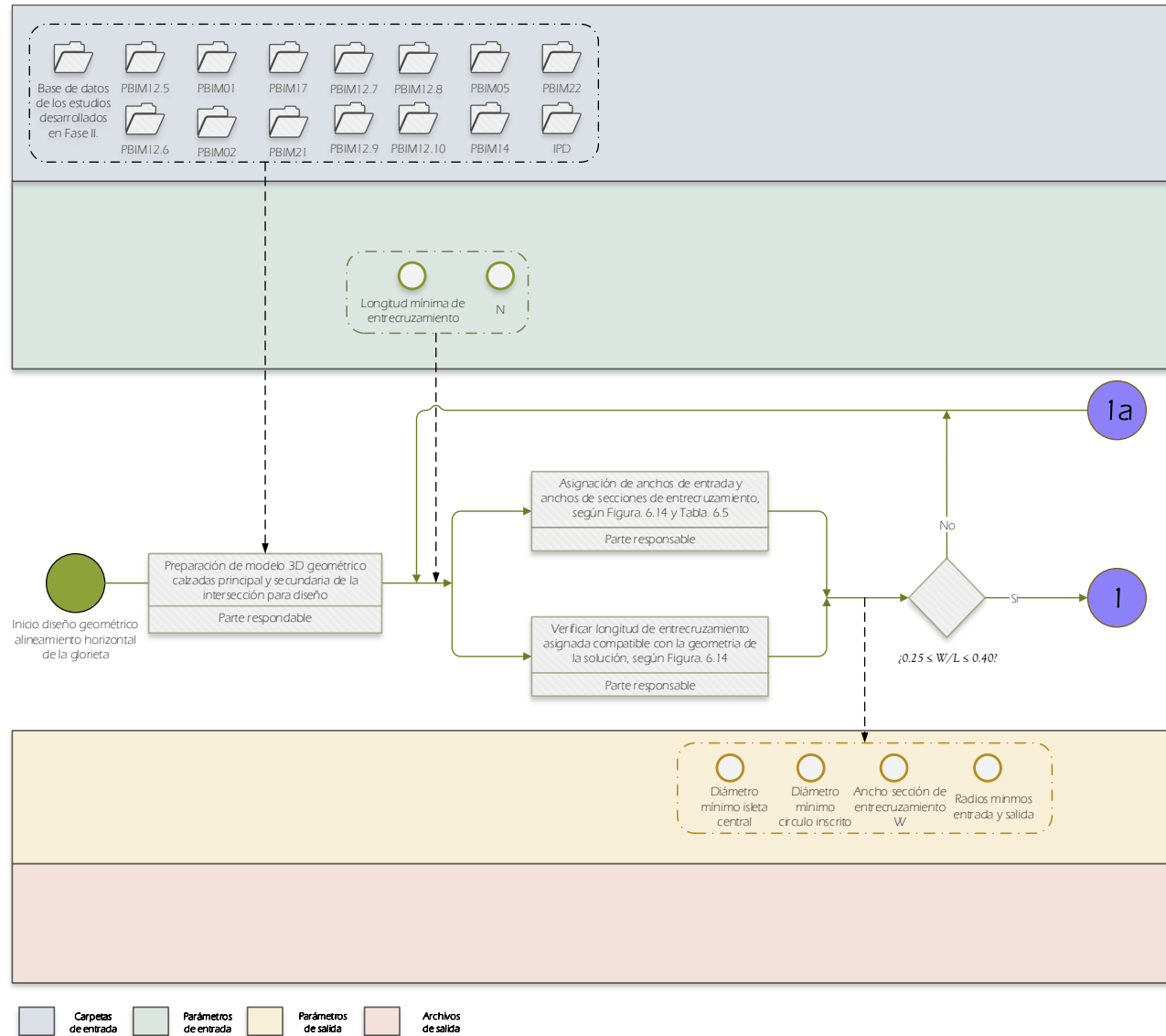


Figura 50. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta” - parte 1.

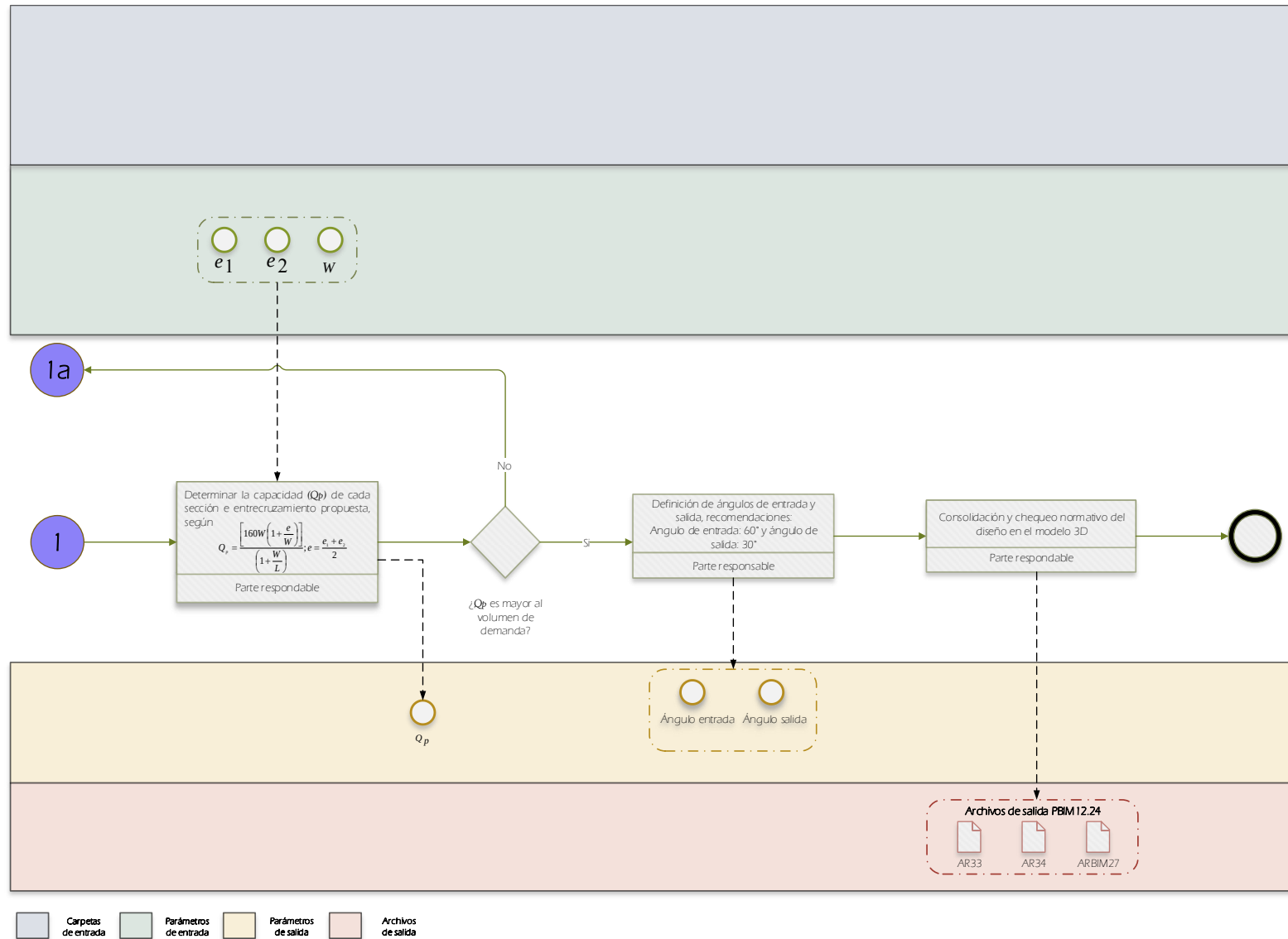


Figura 51. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta” - parte 2.

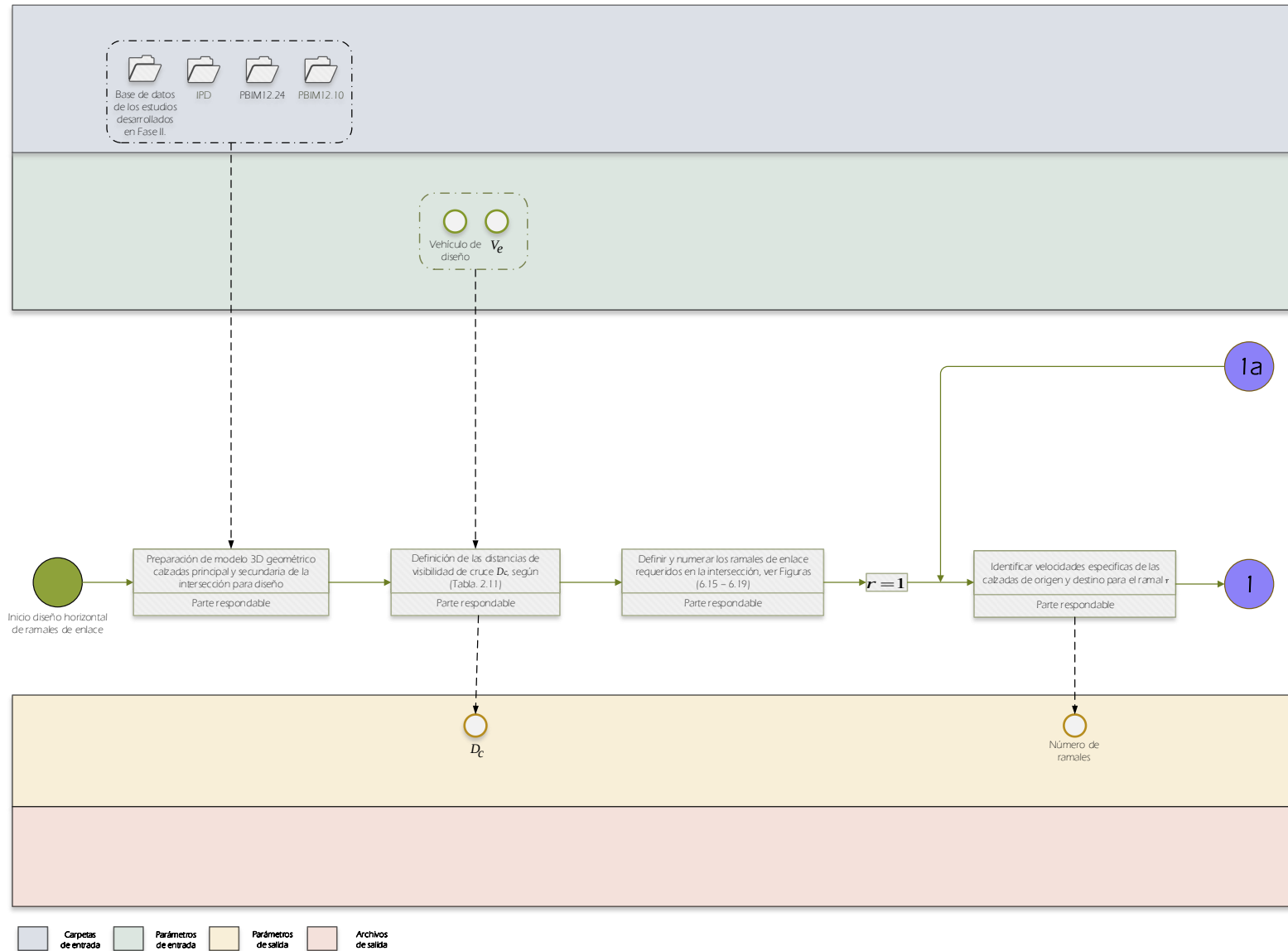


Figura 52. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño horizontal de los ramales de enlace” - parte 1.

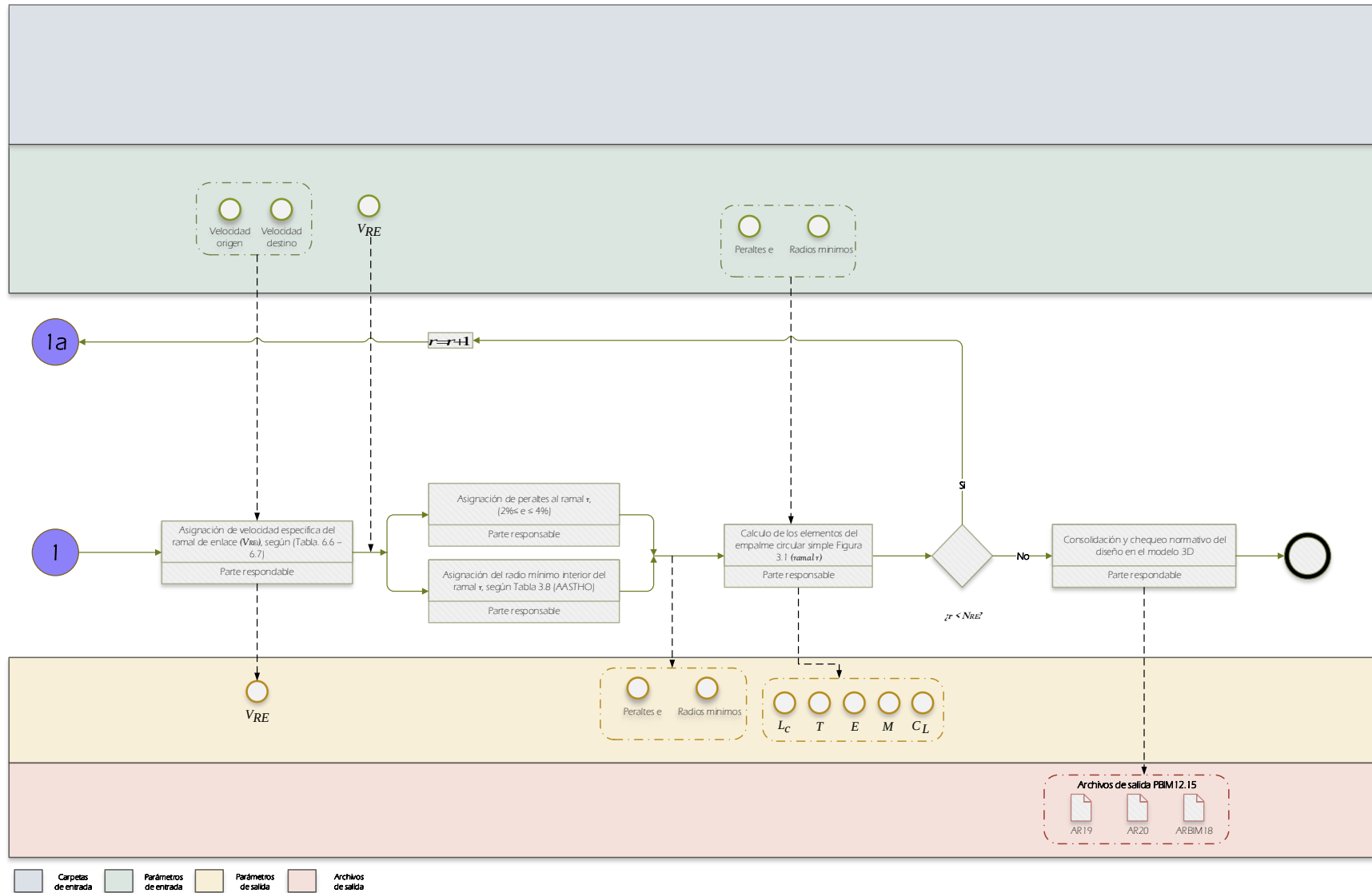


Figura 53. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño horizontal de los ramales de enlace” - parte 2.

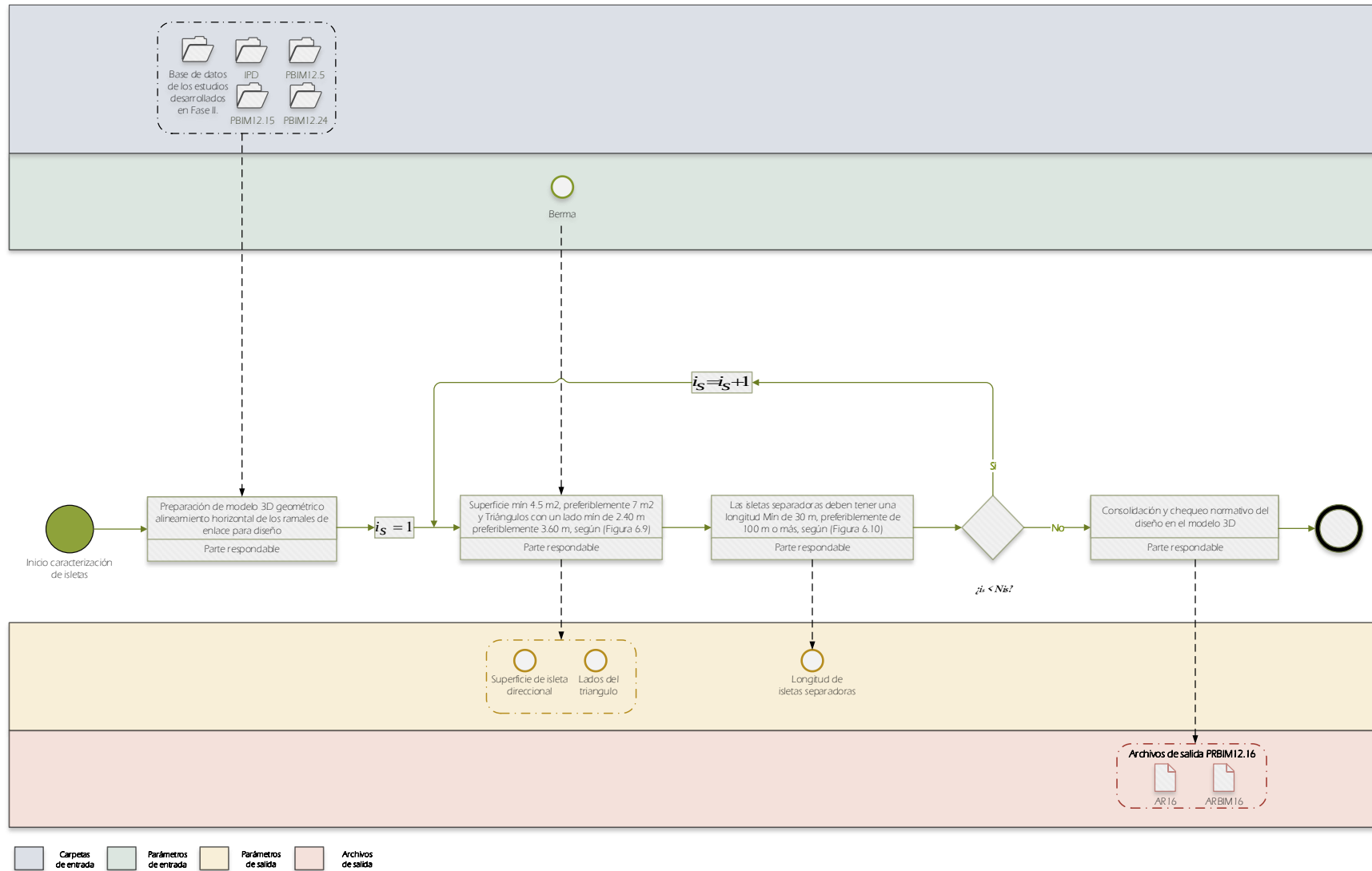


Figura 54. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “caracterización de isletas”.

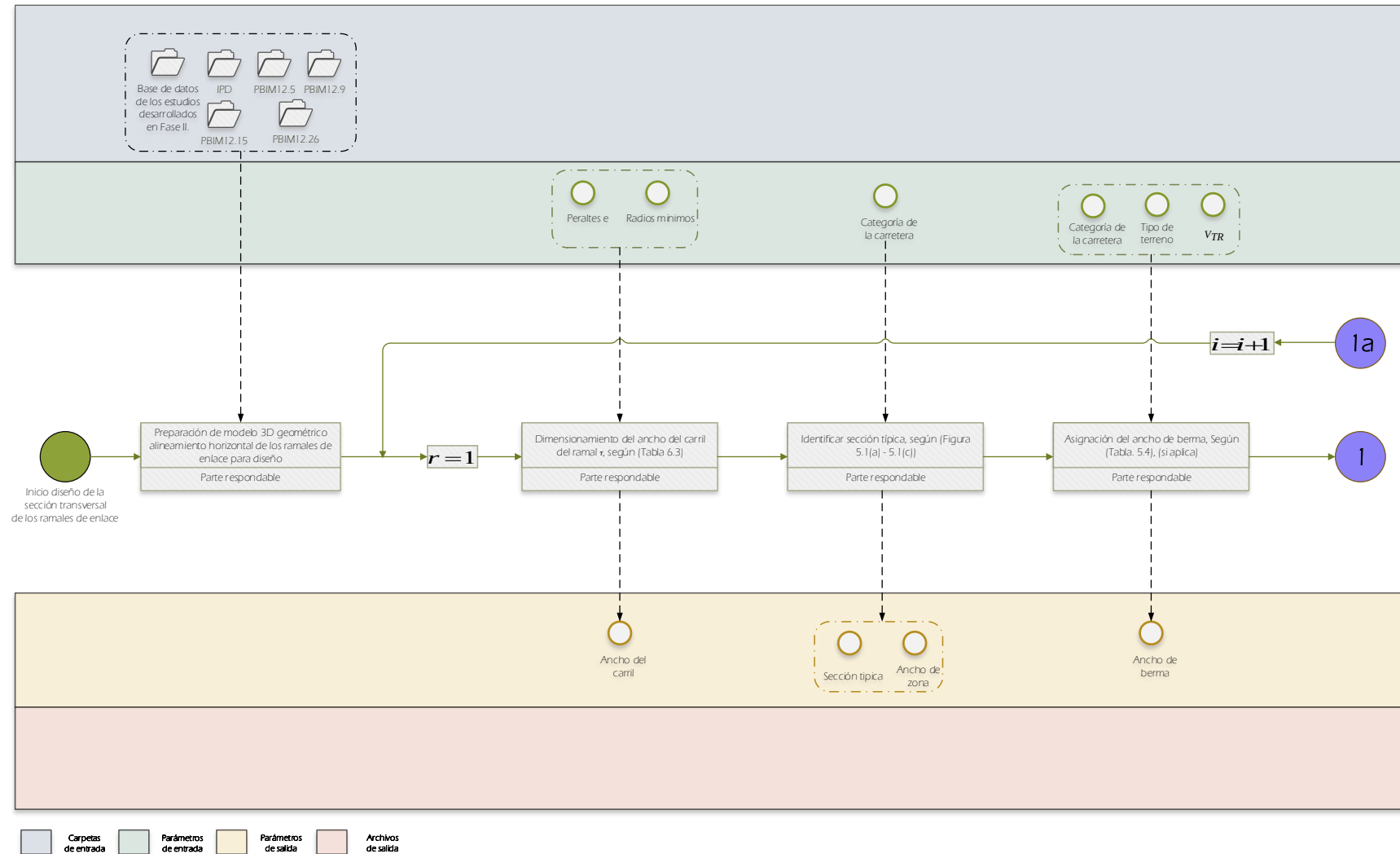


Figura 55. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño de la sección transversal de los ramales de enlace” parte - 1.

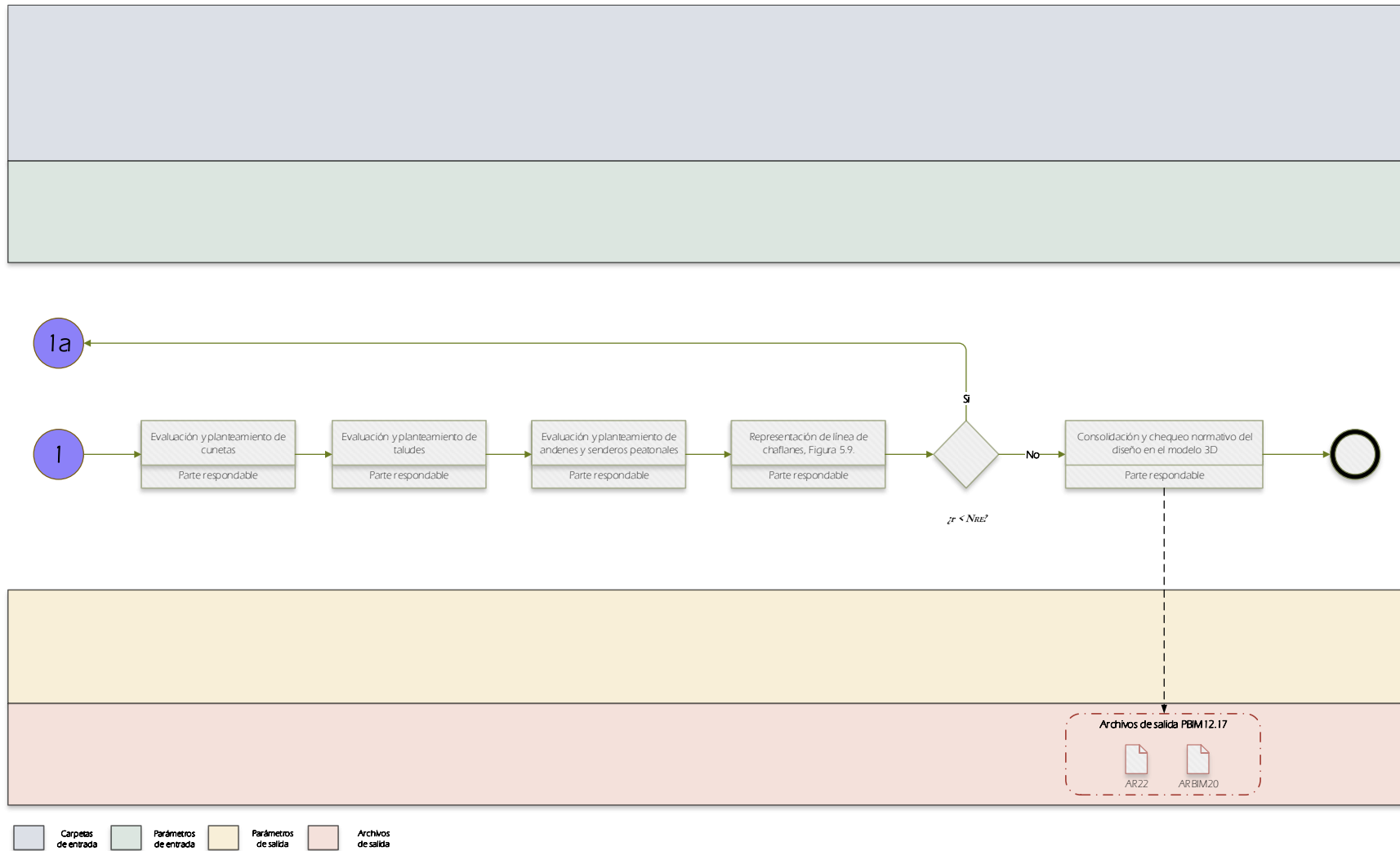


Figura 56. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño de la sección transversal de los ramales de enlace” parte - 2.

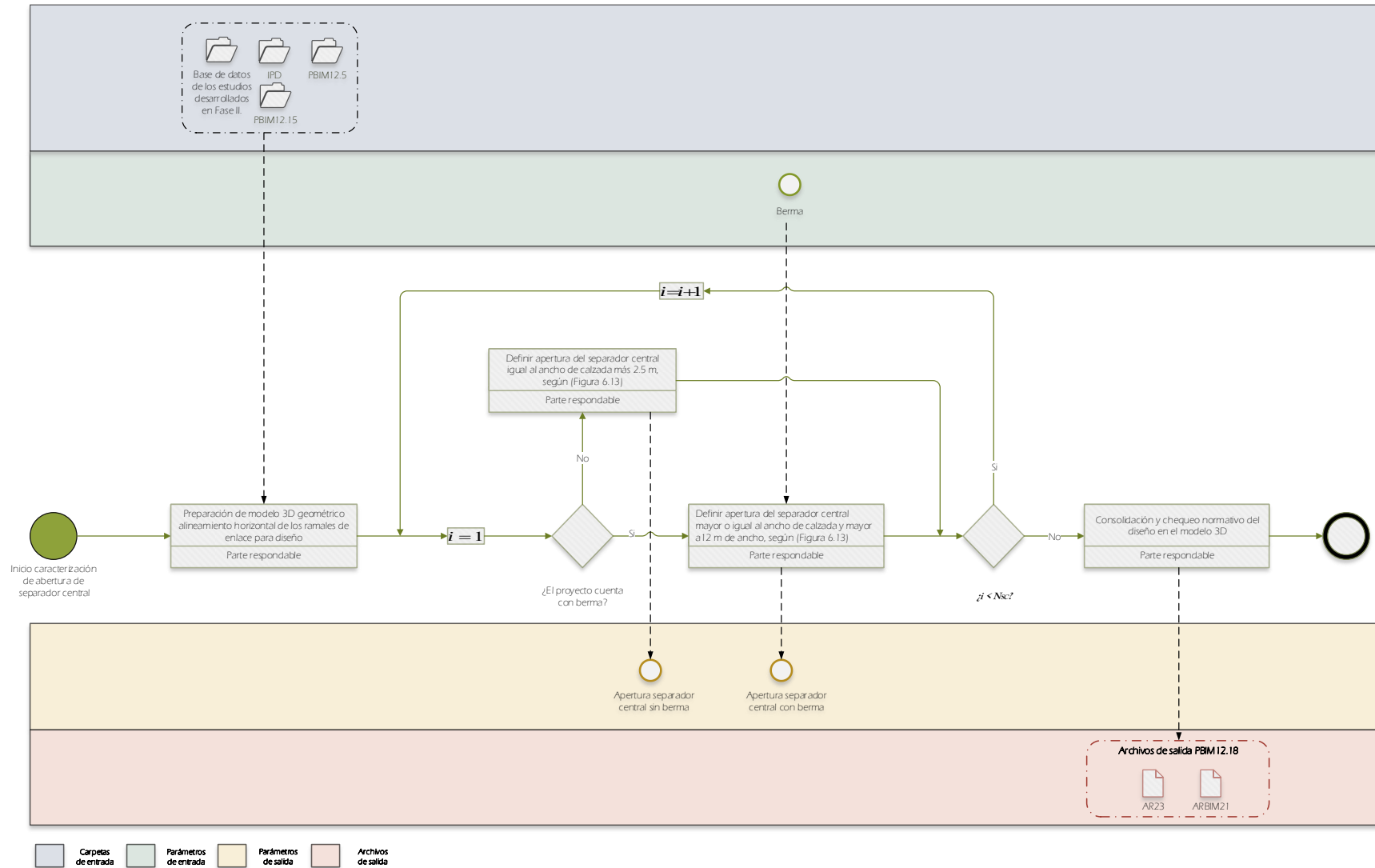


Figura 57. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “caracterización de abertura de separador central”.

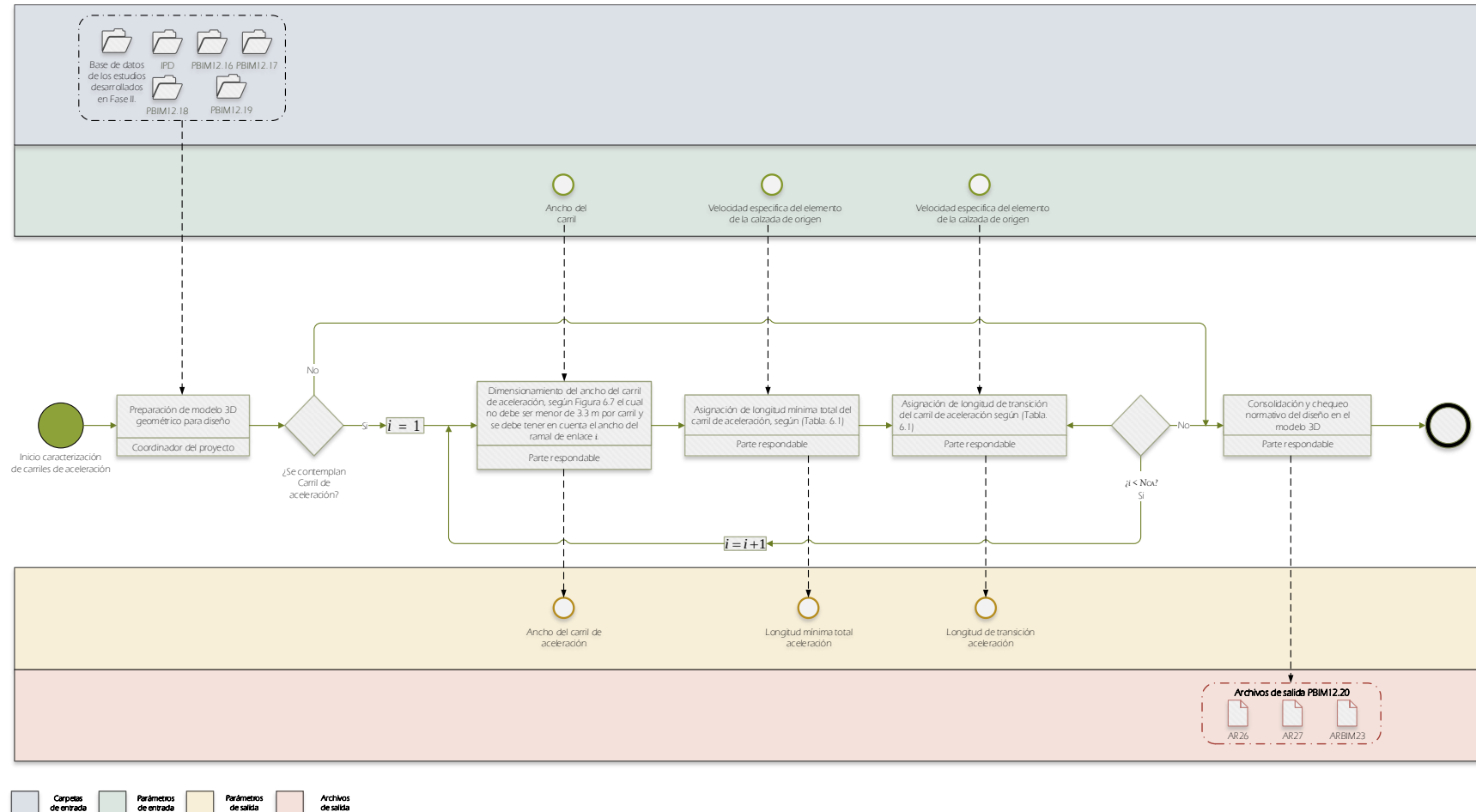


Figura 58. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “caracterización de carriles de aceleración”.

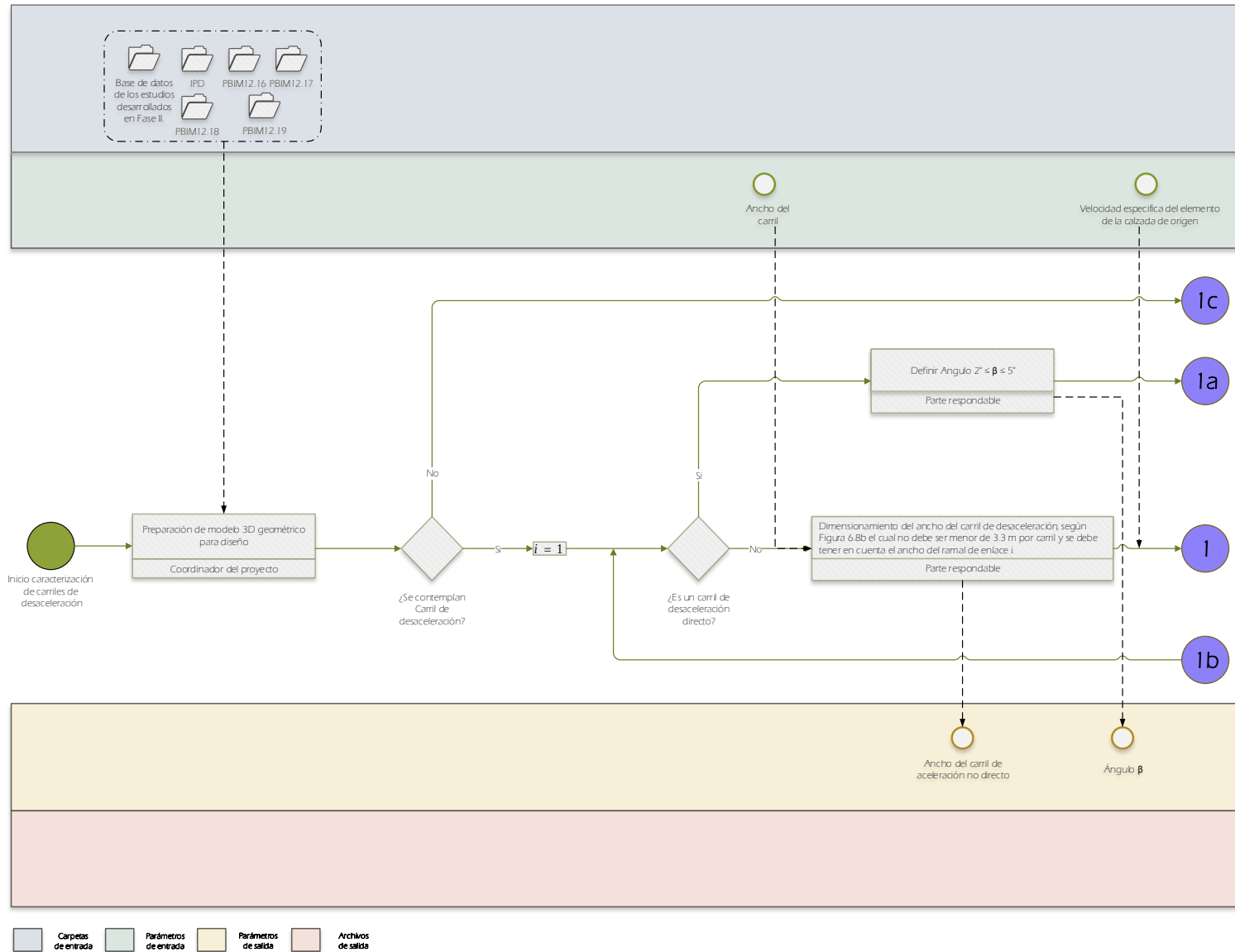


Figura 59. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “caracterización de carriles de desaceleración” parte - 1.

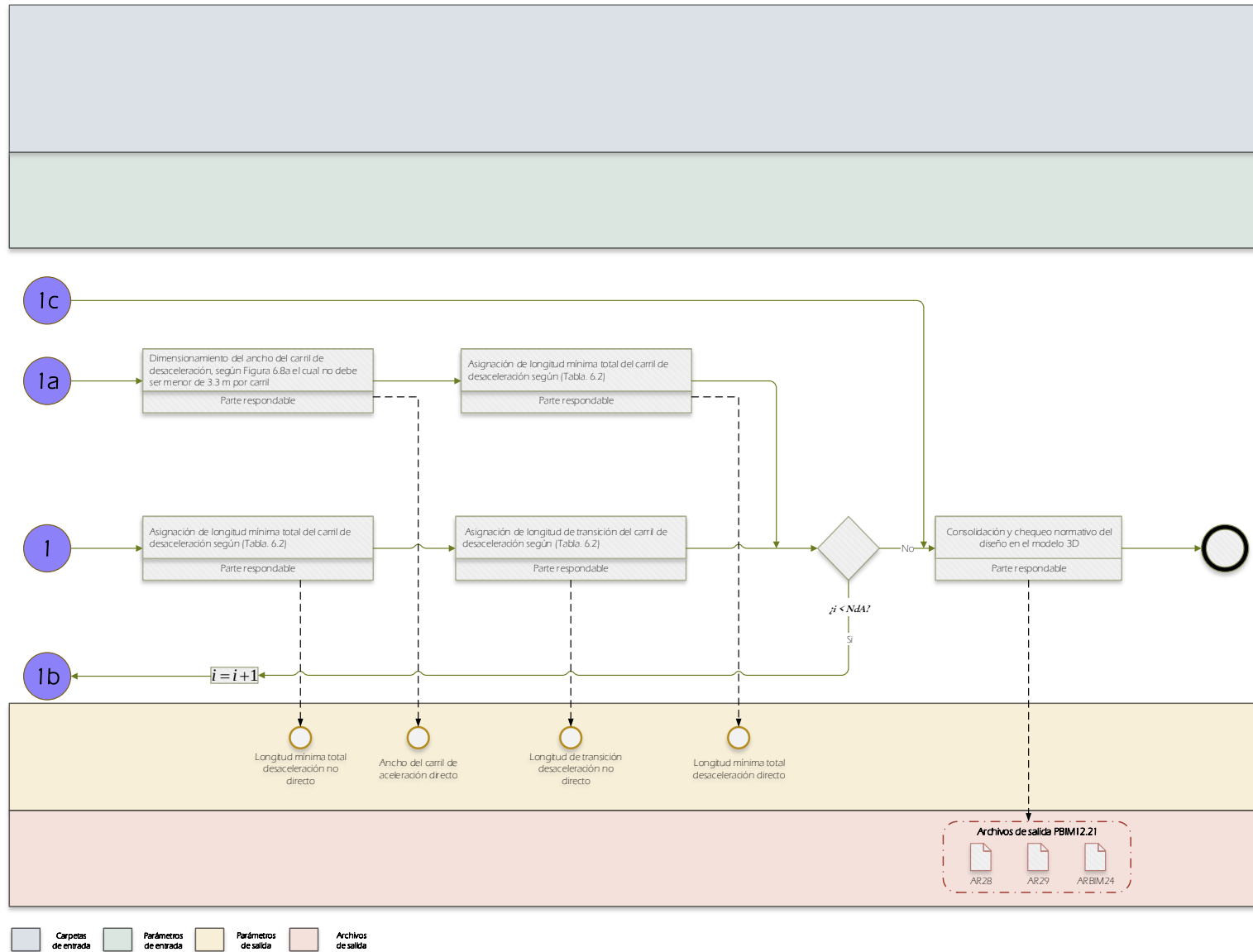


Figura 60. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “caracterización de carriles de desaceleración” parte - 2.

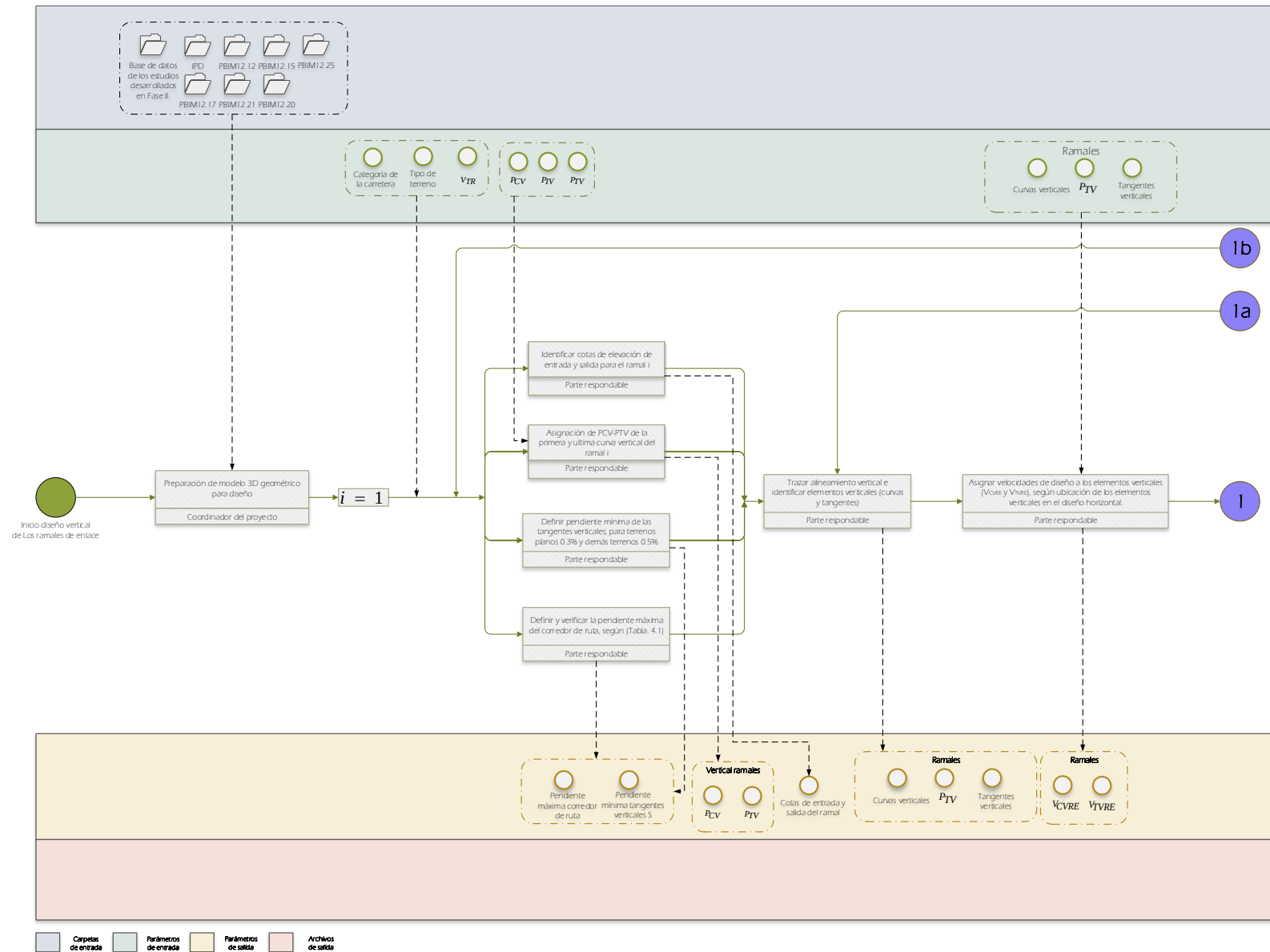


Figura 61. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño vertical de Los ramales de enlace” parte - 1.

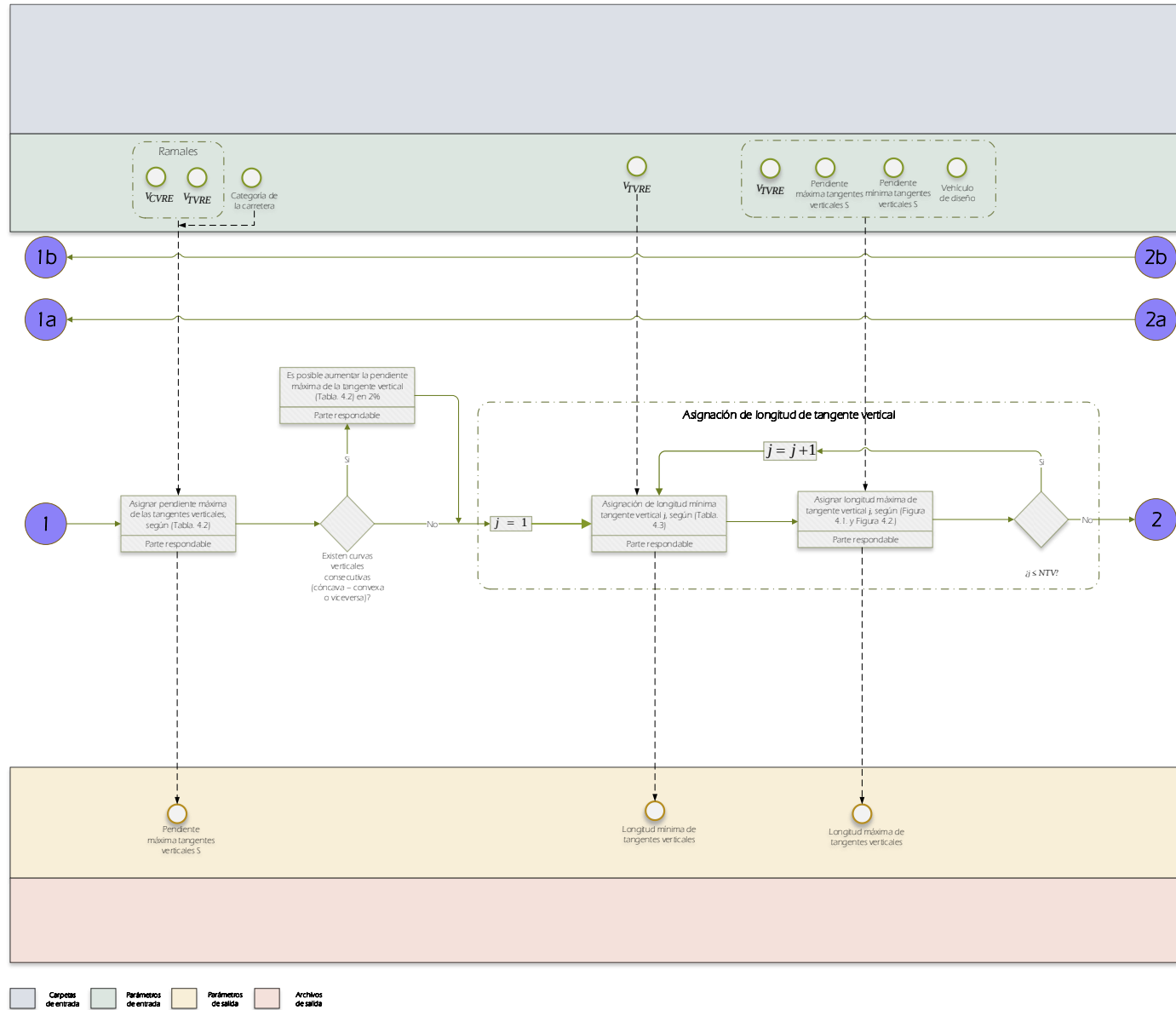


Figura 62. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones "diseño vertical de Los ramales de enlace" parte - 2.

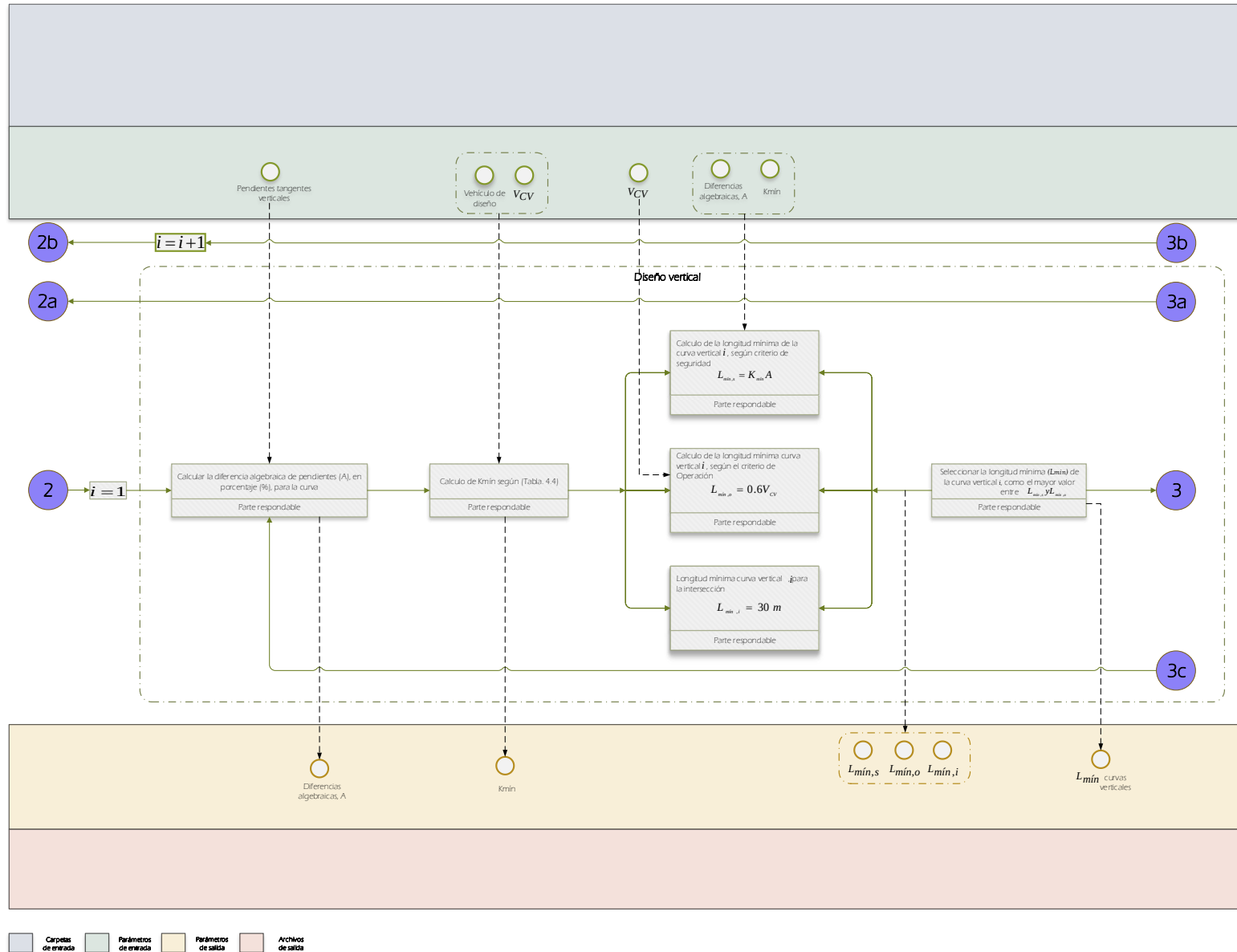


Figura 63. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño vertical de Los ramales de enlace” parte - 3.

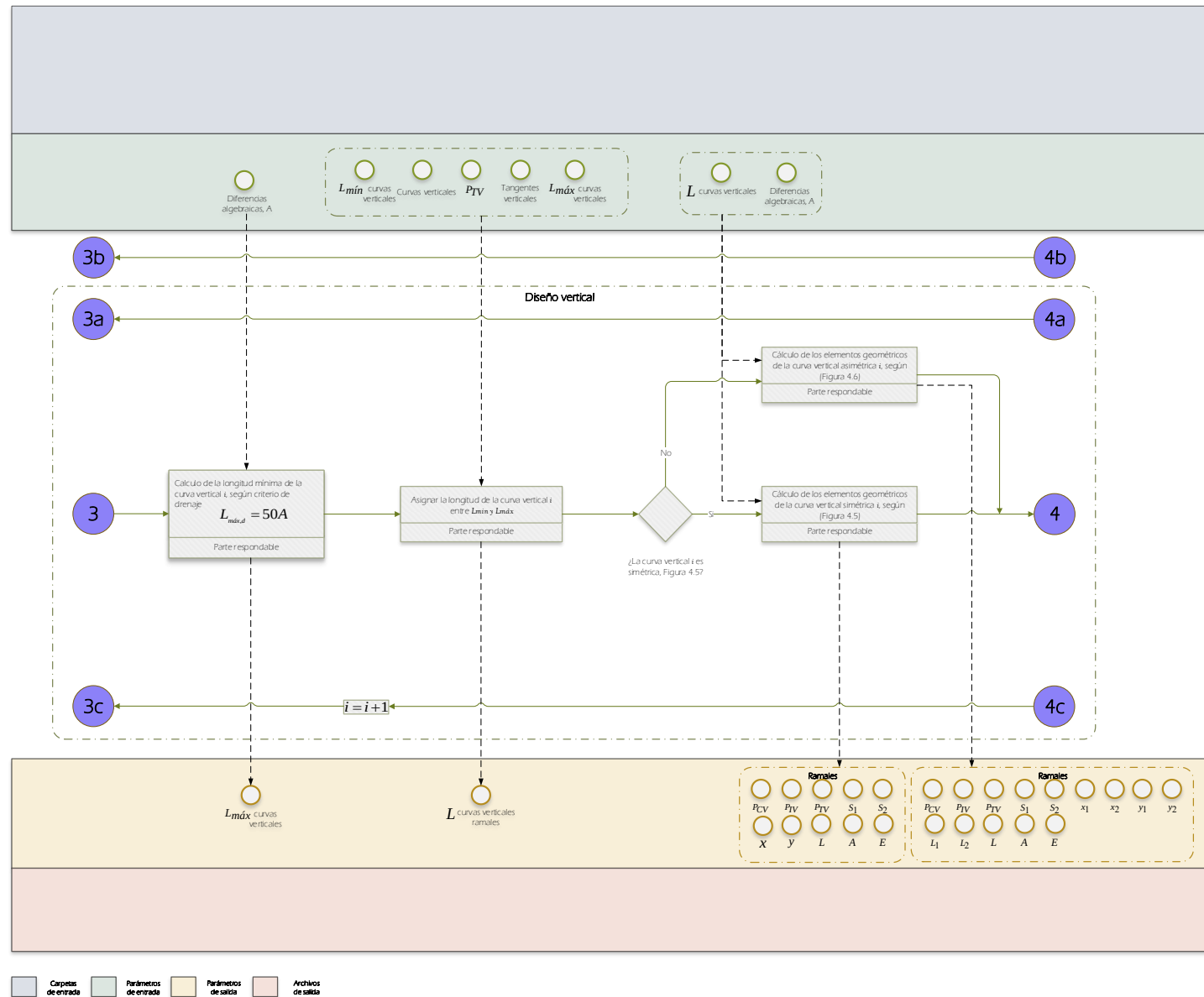


Figura 64. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “diseño vertical de Los ramales de enlace” parte - 4.



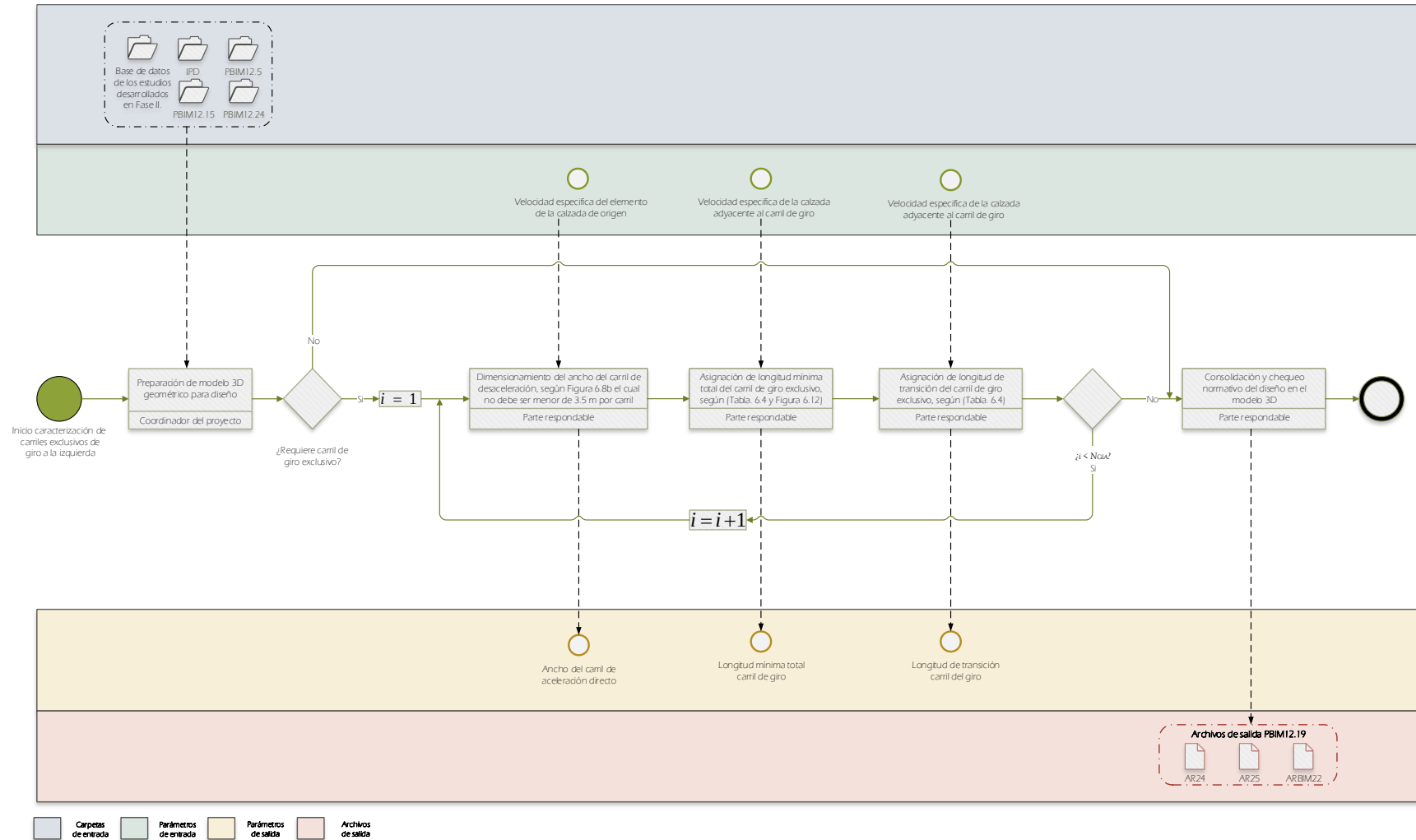


Figura 66. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “caracterización de carriles exclusivos de giro a la izquierda”.

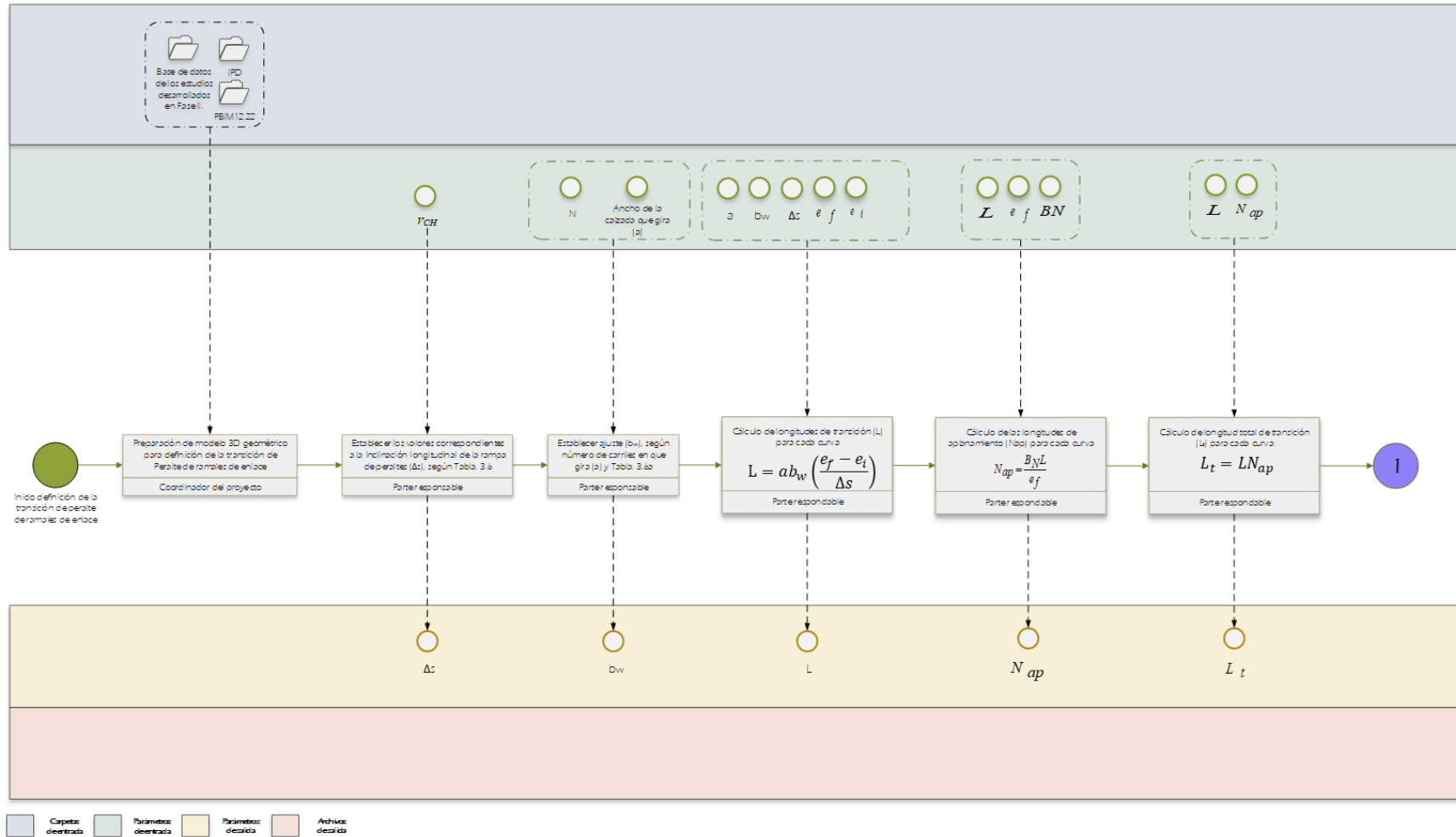


Figura 67. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “definición de la transición de peralte de ramales de enlace” parte 1.

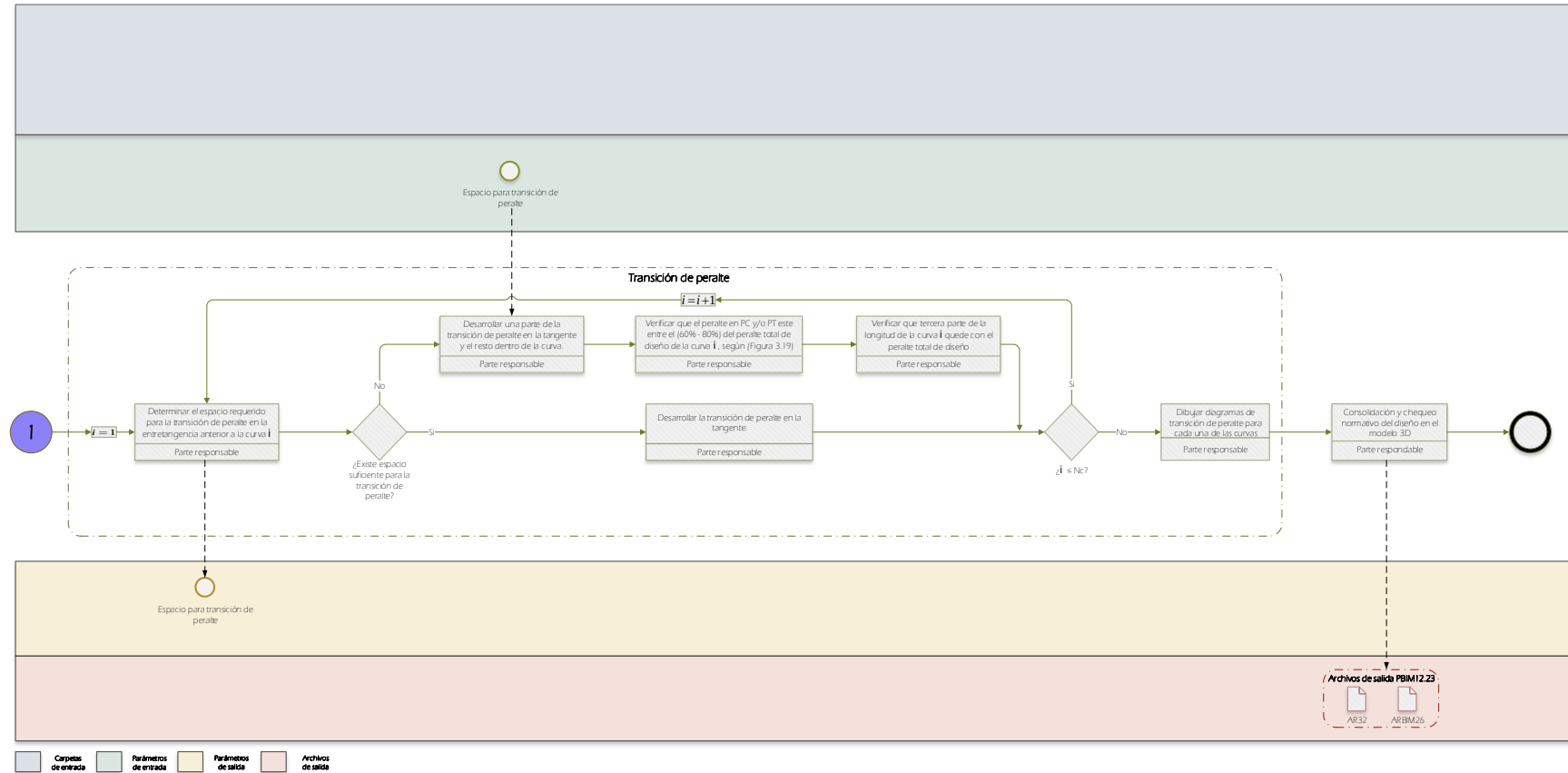


Figura 68. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “definición de la transición de peralte de ramales de enlace” parte 2.

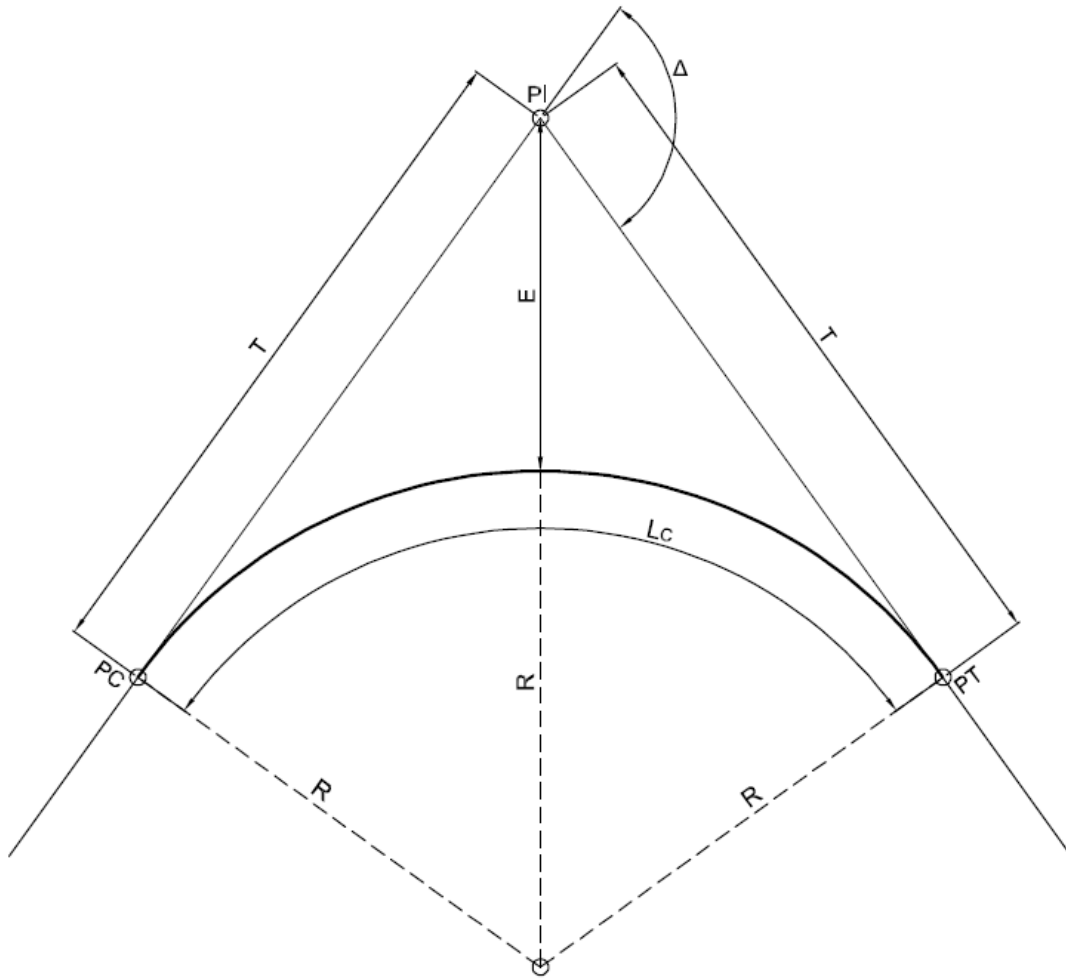


Figura 69. Mapa detallado del proceso de diseño geométrico de intersecciones “cálculo de los elementos del empalme circular simple Figura 3.1” Manual de Diseño Geométrico INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008)

$$L_c = R\Delta$$

$$T = R \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$E = T \tan\left(\frac{\Delta}{4}\right)$$

$$M = R \left(1 - \cos\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$CL = 2R \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

1.19.4 Características de procesos y subprocesos

El lector puede consultar los detalles de los procesos y subprocesos presentados en los mapas generales y detallados en la sección 4.2.3, las cuales incluyen información relacionada con: Id, nombre del proceso, descripción, participantes involucrados, carpetas de entrada, especificaciones de las carpetas, archivos de salida, usos BIM, y herramientas Lean. Lo anterior sumado a: los mapas de procesos, la descripción de la aplicación de las herramientas Lean Construction, el mapa y descripción de la aplicación del método IPD, los contenidos propuestos para los modelos BIM, y otros, los cuales permiten la aplicación de la metodología de diseño propuesta a cualquier proyecto de diseño de intersección vial, donde los participantes del proyecto en la reunión contemplada en el proceso denominado “configuración inicial del proyecto IPD” pueden plantear modificaciones que consideren pertinentes para adecuar el método propuesto a las necesidades específicas del proyecto, sin embargo, se espera que en caso de presentarse tales modificaciones serian mínimas teniendo en cuenta el gran detalle de la metodología planteada y el proceso validación y calibración llevado a cabo, en el que se observa la coherencia entre las necesidades y lo proyectado por la metodología propuesta.

1.19.5 Estructura de almacenamiento de información

Como se observa en los flujos de documentos analizados, resulta de gran importancia el almacenamiento y gestión de los archivos generados en el desarrollo de los procesos propuestos, esto debido a la gran cantidad de información involucrada que es comunicada a través de un gran número de archivos y que su vez revisada y producida por diferentes profesionales en diferentes procesos. Por lo anterior, se propone el esquema de almacenamiento de documentos mostrado en la Figura 70 el cual se plantea que consista en un conjunto de carpetas almacenadas en una

plataforma de trabajo colaborativo en la nube, donde cada uno de los participantes del proyecto con el aval del Lider BIM pueda acceder a la información desde un dispositivo con conexión a internet y ejecutar las acciones a las cuales se encuentra habilitado: edición, visualización, copia, comentarios, etc.

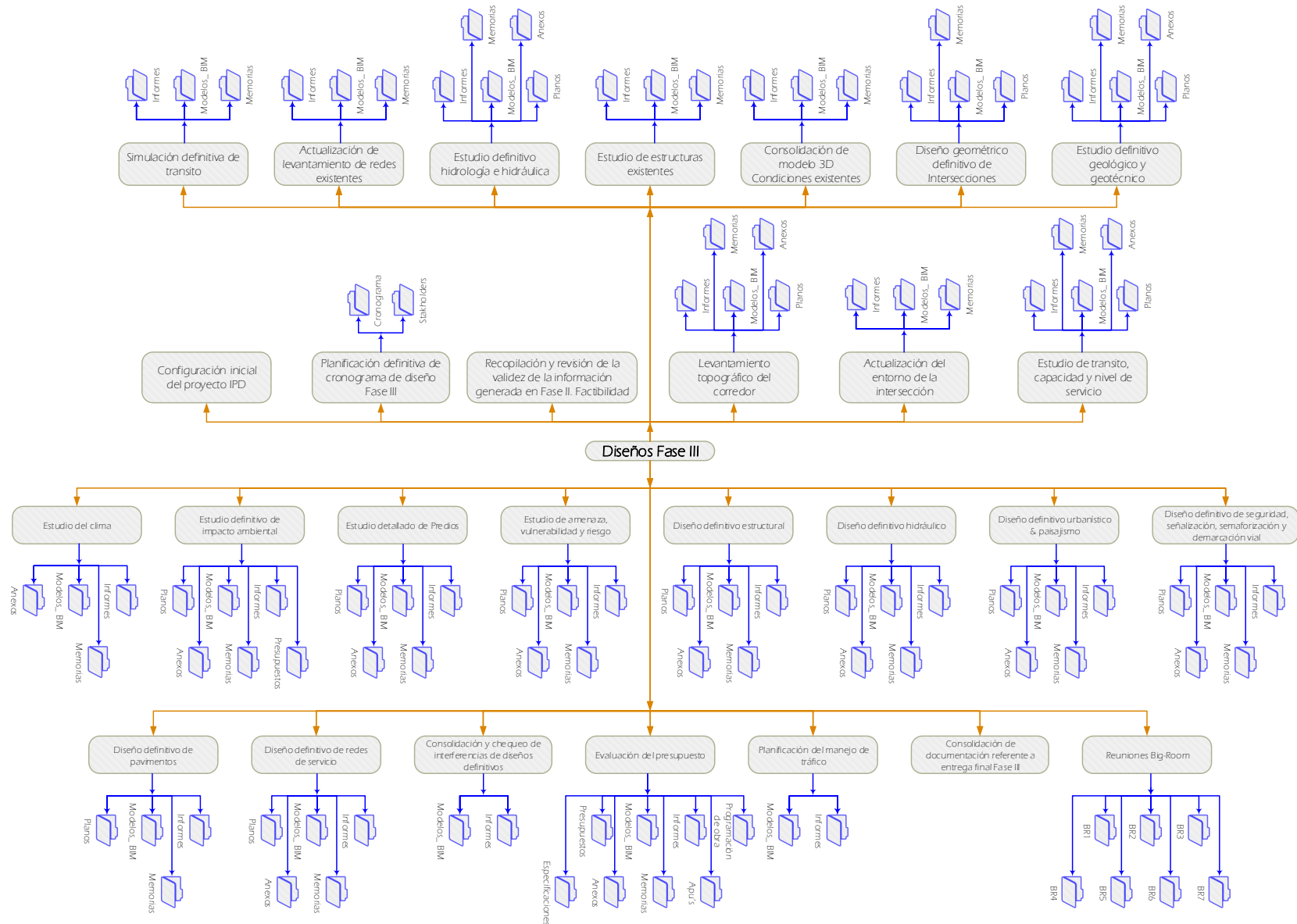


Figura 70. Estructura de almacenamiento de información.

Tabla 12. Ruta de archivos según estructura de almacenamiento de información.

ID	Procesos con metodología BIM	Archivo	Ruta
PBIM01	Actualización de levantamiento de redes existentes.	Informe levantamiento de redes existentes.	<u>Diseños Fase III/Actualización de levantamiento de redes existentes/Informes</u>
		Modelo 3D levantamiento de redes existentes.	<u>Diseños Fase III/Actualización de levantamiento de redes existentes/Modelos BIM</u>
		Guía levantamiento de redes existentes.	<u>Diseños Fase III/Actualización de levantamiento de redes existentes/Memorias</u>
		Especificaciones LOD redes existentes.	<u>Diseños Fase III/Actualización de levantamiento de redes existentes/Memorias</u>
PBIM02	Actualización del entorno de la intersección	Informe entorno de la intersección.	<u>Diseños Fase III/Actualización del entorno de la intersección/Informes</u>
		Modelo 3D entorno de la intersección.	<u>Diseños Fase III/Actualización del entorno de la intersección/Modelos BIM</u>
		Guía entorno de la intersección.	<u>Diseños Fase III/Actualización del entorno de la intersección/Memorias</u>
		Especificaciones LOD entorno de la intersección.	<u>Diseños Fase III/Actualización del entorno de la intersección/Memorias</u>
PBIM03	Consolidación de documentación referente a entrega final Fase III.	Entrega final Fase III.	<u>Diseños Fase III/Consolidación de documentación referente a entrega final Fase III</u>
PBIM04	Consolidación y chequeo de interferencias de diseños definitivos	Informe de consolidación y cruce.	<u>Diseños Fase III/Consolidación y chequeo de interferencias de diseños definitivos Modelo 3D/Informes</u>
		Modelo 3D consolidación.	<u>Diseños Fase III/Consolidación y chequeo de interferencias de diseños definitivos Modelo 3D/Modelos BIM</u>
PBIM05	Consolidación de las condiciones existentes	Informe de consolidación de condiciones existentes.	<u>Diseños Fase III/Consolidación de las condiciones existentes/Informes</u>
		Modelo 3D consolidación condiciones existentes.	<u>Diseños Fase III/Consolidación de las condiciones existentes/Modelos BIM</u>
		Guía consolidación de condiciones existentes.	<u>Diseños Fase III/Consolidación de las condiciones existentes/Memorias</u>
		Especificaciones LOD condiciones existentes.	<u>Diseños Fase III/Consolidación de las condiciones existentes/Memorias</u>
PBIM06	Diseño definitivo de Pavimentos	Informe de diseño definitivo de pavimentos.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo de pavimentos/Informes</u>
		Planos de diseño definitivo de pavimentos.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo de pavimentos/Planos</u>

ID	Procesos con metodología BIM	Archivo	Ruta
		Modelo 3D pavimentos.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo de pavimentos/Modelos_BIM</u>
		Memorias de pavimentos.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo de pavimentos/Memorias</u>
		Guía pavimentos.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo de pavimentos/Memorias</u>
		Especificaciones LOD pavimentos.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo de pavimentos/Memorias</u>
PBIM07	Diseño definitivo de redes de servicio	Informe de diseño definitivo de redes de servicio.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo de redes de servicio/Informes</u>
		Planos de diseño definitivo de redes de servicio.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo de redes de servicio/Planos</u>
		Modelo 3D de redes de servicio.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo de redes de servicio/Modelos_BIM</u>
		Anexos de diseño definitivo de redes de servicio.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo de redes de servicio/Anexos</u>
		Guía redes de servicio.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo de redes de servicio/Memorias</u>
		Especificaciones LOD redes de servicio.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo de redes de servicio/Memorias</u>
PBIM08	Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial (SSS&D).	Informe de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial/Informes</u>
		Planos de diseño definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial/Planos</u>
		Modelo 3D definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial/Modelos_BIM</u>
		Anexos de diseño definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial/Anexos</u>

ID	Procesos con metodología BIM	Archivo	Ruta
PBIM09	Diseño definitivo estructural	Guía seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.	<i>Diseños Fase III/Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial/Memorias</i>
		Especificaciones LOD seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.	<i>Diseños Fase III/Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial/Memorias</i>
		Informe de diseño definitivo estructural.	<i>Diseños Fase III/Diseño definitivo estructural/Informes</i>
		Planos de diseño definitivo estructural.	<i>Diseños Fase III/Diseño definitivo estructural/Planos</i>
		Modelo 3D estructural.	<i>Diseños Fase III/Diseño definitivo estructural/Modelos BIM</i>
		Anexos de diseño estructural.	<i>Diseños Fase III/Diseño definitivo estructural/Anexos</i>
PBIM10	Diseño definitivo hidráulico	Guía estructural.	<i>Diseños Fase III/Diseño definitivo estructural/Memorias</i>
		Especificaciones LOD diseño estructural.	<i>Diseños Fase III/Diseño definitivo estructural/Memorias</i>
		Informe de diseño definitivo de hidráulica.	<i>Diseños Fase III/Diseño definitivo hidráulico/Informes</i>
		Planos de diseño definitivo de hidráulica.	<i>Diseños Fase III/Diseño definitivo hidráulico/Planos</i>
		Modelo 3D definitivo de hidráulica.	<i>Diseños Fase III/Diseño definitivo hidráulico/Modelos BIM</i>
		Anexos de diseño definitivo de hidráulica.	<i>Diseños Fase III/Diseño definitivo hidráulico/Anexos</i>
PBIM11	Diseño definitivo urbanístico & paisajismo	Guía de hidráulica.	<i>Diseños Fase III/Diseño definitivo hidráulico/Memorias</i>
		Especificaciones LOD hidráulica.	<i>Diseños Fase III/Diseño definitivo hidráulico/Memorias</i>
		Informe de diseño definitivo urbanístico & paisajismo.	<i>Diseños Fase III/Diseño definitivo urbanístico & paisajismo/Informes</i>
		Planos de diseño definitivo urbanístico & paisajismo.	<i>Diseños Fase III/Diseño definitivo urbanístico & paisajismo/Planos</i>
		Modelo 3D urbanístico & paisajismo.	<i>Diseños Fase III/Diseño definitivo urbanístico & paisajismo/Modelos BIM</i>

ID	Procesos con metodología BIM	Archivo	Ruta
		Anexos de diseño definitivo urbanístico & paisajismo.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo urbanístico & paisajismo/Anexos</u>
		Guía urbanismo & paisajismo.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo urbanístico & paisajismo/Memorias</u>
		Especificaciones LOD definitivo urbanístico & paisajismo.	<u>Diseños Fase III/Diseño definitivo urbanístico & paisajismo/Memorias</u>
PBIM12	Diseño geométrico definitivo de intersecciones	Informe de diseño geométrico.	<u>Diseños Fase III/Diseño geométrico definitivo de intersecciones/Informes</u>
		Planos de diseño.	<u>Diseños Fase III/Diseño geométrico definitivo de intersecciones/Planos</u>
		Modelo 3D definitivo intersección vial.	<u>Diseños Fase III/Diseño geométrico definitivo de intersecciones/Modelos BIM</u>
		Memorias de cálculo del diseño definitivos de la intersección vial.	<u>Diseños Fase III/Diseño geométrico definitivo de intersecciones/Memorias</u>
		Guía geométrica.	<u>Diseños Fase III/Diseño geométrico definitivo de intersecciones/Memorias</u>
		Especificaciones LOD geométrico.	<u>Diseños Fase III/Diseño geométrico definitivo de intersecciones/Memorias</u>
PBIM13	Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo	Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.	<u>Diseños Fase III/Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo/Informes</u>
		Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.	<u>Diseños Fase III/Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo/Planos</u>
		Modelo 3D amenaza, vulnerabilidad y riesgo.	<u>Diseños Fase III/Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo/Modelos BIM</u>
		Anexos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.	<u>Diseños Fase III/Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo/Anexos</u>
		Guía amenaza, vulnerabilidad y riesgo.	<u>Diseños Fase III/Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo/Memorias</u>
		Especificaciones LOD amenaza, vulnerabilidad y riesgo.	<u>Diseños Fase III/Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo/Memorias</u>
PBIM14	Estudio de estructuras existentes	Informe definitivo estudio de estructuras existentes.	<u>Diseños Fase III/Estudio de estructuras existentes/Informes</u>
		Modelo 3D definitivo estudio de estructuras existentes.	<u>Diseños Fase III/Estudio de estructuras existentes/Modelos BIM</u>

ID	Procesos con metodología BIM	Archivo	Ruta
PBIM15	Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio	Guía levantamiento de estructuras existentes.	<u>Diseños Fase III/Estudio de estructuras existentes/Memorias</u>
		Especificaciones LOD estructuras existentes.	<u>Diseños Fase III/Estudio de estructuras existentes/Memorias</u>
		Informe de tránsito.	<u>Diseños Fase III/Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio/Informes</u>
		Modelo 3D alternativa.	<u>Diseños Fase III/Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio/Modelos BIM</u>
		Carteras de campo.	<u>Diseños Fase III/Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio/Anexos</u>
		Fotografías de campo.	<u>Diseños Fase III/Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio/Anexos</u>
		Metodología de trabajo y toma de información en campo.	<u>Diseños Fase III/Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio/Anexos</u>
		Análisis de requerimientos en campo.	<u>Diseños Fase III/Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio/Anexos</u>
		Procesamiento y tratamiento de datos	<u>Diseños Fase III/Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio/Memorias</u>
		Especificaciones LOD tránsito.	<u>Diseños Fase III/Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio/Memorias</u>
		Anexos de transito	<u>Diseños Fase III/Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio/Anexos</u>
PBIM16	Estudio definitivo de impacto ambiental	Informe de estudio definitivo de impacto ambiental.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo de impacto ambiental/Informes</u>
		Planos de diseño de obras de mitigación ambiental.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo de impacto ambiental/Planos</u>
		Modelo 3D obras de mitigación ambiental.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo de impacto ambiental/Modelos BIM</u>
		Anexos de estudio definitivo de impacto ambiental.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo de impacto ambiental/Anexos</u>
		Presupuesto de lineamiento ambiental.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo de impacto ambiental/Presupuesto</u>
		Guía impacto ambiental.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo de impacto ambiental/Memorias</u>
		Especificaciones LOD impacto ambiental.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo de impacto ambiental/Memorias</u>

ID	Procesos con metodología BIM	Archivo	Ruta
PBIM17	Estudio definitivo hidrología e hidráulica	Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo hidrología e hidráulica/Informes</u>
		Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo hidrología e hidráulica/Planos</u>
		Modelo 3D hidrología e hidráulica.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo hidrología e hidráulica/Modelos BIM</u>
		Anexos de estudio definitivo hidrología e hidráulica.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo hidrología e hidráulica/Anexos</u>
		Guía hidrología e hidráulica.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo hidrología e hidráulica/Memorias</u>
		Especificaciones LOD hidrología e hidráulica.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo hidrología e hidráulica/Memorias</u>
PBIM18	Estudio del clima	Informe de estudio del clima.	<u>Diseños Fase III/Estudio del clima/Informes</u>
		Modelo 3D climatológico.	<u>Diseños Fase III/Estudio del clima/Modelos BIM</u>
		Anexos de estudio del clima.	<u>Diseños Fase III/Estudio del clima/Anexos</u>
		Especificaciones LOD estudio del clima.	<u>Diseños Fase III/Estudio del clima/Memorias</u>
PBIM19	Estudio detallado de predios	Informe de estudio detallado predial.	<u>Diseños Fase III/Estudio detallado de predios/Informes</u>
		Planos de estudio predial.	<u>Diseños Fase III/Estudio detallado de predios/Planos</u>
		Modelo 3D afectación predial.	<u>Diseños Fase III/Estudio detallado de predios/Modelos BIM</u>
		Anexos de estudio predial.	<u>Diseños Fase III/Estudio detallado de predios/Anexos</u>
		Guía predial.	<u>Diseños Fase III/Estudio detallado de predios/Memorias</u>
		Especificaciones LOD predial.	<u>Diseños Fase III/Estudio detallado de predios/Memorias</u>
PBIM20	Evaluación del presupuesto cronograma de obra y a análisis de constructibilidad definitivo	Presupuesto de obra.	<u>Diseños Fase III/Evaluación del presupuesto /Presupuesto</u>
		Memoria de cantidades.	<u>Diseños Fase III/Evaluación del presupuesto /Memorias</u>
		APU's.	<u>Diseños Fase III/Evaluación del presupuesto /Apu's</u>
		Especificaciones de obra.	<u>Diseños Fase III/Evaluación del presupuesto /Especificaciones</u>
		Programación de obra.	<u>Diseños Fase III/Evaluación del presupuesto /Programación obra</u>

ID	Procesos con metodología BIM	Archivo	Ruta
		Informe de costos.	<u>Diseños Fase III/Evaluación del presupuesto /Informes</u>
		Presupuesto de AIU.	<u>Diseños Fase III/Evaluación del presupuesto /Presupuesto</u>
		Modelo 4D planificación de la construcción.	<u>Diseños Fase III/Evaluación del presupuesto /Modelo BIM</u>
		Modelo 5D análisis del costo del corredor vial.	<u>Diseños Fase III/Evaluación del presupuesto /Modelo BIM</u>
		Cotizaciones.	<u>Diseños Fase III/Evaluación del presupuesto /Anexos</u>
		Especificaciones LOD modelo 4D y 5D.	<u>Diseños Fase III/Evaluación del presupuesto /Memorias</u>
PBIM21	Estudio definitivo geológico y geotécnico	Informe definitivo geológico y geotécnico.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo geológico y geotécnico/Informes</u>
		Planos de evaluación geológica y geotécnica.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo geológico y geotécnico/Planos</u>
		Modelo 3D geológico y geotécnico.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo geológico y geotécnico/Modelos BIM</u>
		Anexos de evaluación geológica y geotécnica.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo geológico y geotécnico/Anexos</u>
		Guía geológica y geotécnica.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo geológico y geotécnico/Memorias</u>
		Especificaciones LOD geológica y geotécnica.	<u>Diseños Fase III/Estudio definitivo geológico y geotécnico/Memorias</u>
PBIM22	Levantamiento topográfico del corredor	Informe topográfico localización del eje y nivelación.	<u>Diseños Fase III/Levantamiento topográfico del corredor/Informes</u>
		Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación.	<u>Diseños Fase III/Levantamiento topográfico del corredor/Modelos BIM</u>
		Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D.	<u>Diseños Fase III/Levantamiento topográfico del corredor/Planos</u>
		Carteras de campo localización del eje y nivelación.	<u>Diseños Fase III/Levantamiento topográfico del corredor/Anexos</u>
		Especificaciones LOD localización del eje y nivelación.	<u>Diseños Fase III/Levantamiento topográfico del corredor/Memorias</u>

ID	Procesos con metodología BIM	Archivo	Ruta
		Anexos de topografía localización del eje y nivelación.	<u>Diseños Fase III/Levantamiento topográfico del corredor/Memorias</u>
PBIM23	Planificación del manejo de tráfico.	Plan de manejo de tráfico. Modelo 3D plan de manejo de tráfico.	<u>Diseños Fase III/Planificación del manejo de tráfico/Informes</u> <u>Diseños Fase III/Planificación del manejo de tráfico/Modelos BIM</u>
PBIM24	Recopilación y revisión de la validez de la información generada en Fase II. Factibilidad	Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II.	<u>Diseños Fase III/Recopilación y revisión de la validez de la información generada en Fase II. Factibilidad</u>
PBIM25	Simulación definitiva de tránsito	Informe de simulación. Modelo 3D simulación de alternativa. Procesamiento y tratamiento de datos de simulación de alternativa. Especificaciones LOD simulación de alternativa.	<u>Diseños Fase III/Simulación definitiva de tránsito/Informes</u> <u>Diseños Fase III/Simulación definitiva de tránsito/Modelos BIM</u> <u>Diseños Fase III/Simulación definitiva de tránsito/Memorias</u> <u>Diseños Fase III/Simulación definitiva de tránsito/Memorias</u>
BR	Reunión Big-Room	Actas de reunión BR1 Actas de reunión BR2 Actas de reunión BR3 Actas de reunión BR4 Actas de reunión BR5 Actas de reunión BR6 Actas de reunión BR7	<u>Diseños Fase III/Reuniones Big- Room/BR1</u> <u>Diseños Fase III/Reuniones Big- Room/BR2</u> <u>Diseños Fase III/Reuniones Big- Room/BR3</u> <u>Diseños Fase III/Reuniones Big- Room/BR4</u> <u>Diseños Fase III/Reuniones Big- Room/BR5</u> <u>Diseños Fase III/Reuniones Big- Room/BR6</u> <u>Diseños Fase III/Reuniones Big- Room/BR7</u>
---	Configuración inicial del proyecto IPD	Alcance y especificaciones del proyecto IPD (IPD).	<u>Diseños Fase III/Configuración inicial del proyecto IPD</u>
---	Planificación definitiva de cronograma de diseño Fase III	Cronograma diseños definitivos Fase III	<u>Diseños Fase III/Planificación definitiva de cronograma de diseño Fase III</u>

1.19.6 Procesos vs Stakeholders

En las Tablas 13 a 18 se muestra la participación de los Stakeholders en los procesos de la metodología propuesta, los cuales son mostrados en la secuencia contemplada por la metodología. Se observa la inclusión de participantes clave en etapas tempranas del proyecto tales como: dueño, contratista y proveedores, lo cual está alineado con el método de entrega de proyectos IPD. Además de esto, personal de soporte de los enfoques estudiados en la presente investigación: Lider BIM, Lider IPD, y Lider Lean. Por otro lado, todo el equipo de profesionales relacionados a las distintas disciplinas de diseño. Las Tablas 12 a 18 pueden servir como guía para los procesos de contratación del personal y para la gestión organizacional en el caso en que se estén desarrollado más proyectos al mismo tiempo con el diseño del proyecto de intersección vial.

Tabla 13. *Procesos vs stakeholders (parte 1).*

ID	Procesos y sub-procesos con metodología BIM	Abogado	Arquitecto	Biólogo	Contratista	Coordinador del proyecto
---	Configuración inicial del proyecto IPD	✓	✓	✓	✓	✓
---	Planificación definitiva de cronograma de diseño Fase III	✓	✓	✓	✓	✓
---	Configuración de plataforma colaborativa, asignación de roles y responsabilidades	✓	✓	✓	✓	✓
PBIM24	Recopilación y revisión de la validez de la información generada en Fase II. Factibilidad.	✓	✓	✓		✓
PBIM22	Levantamiento topográfico del corredor.					✓
PBIM02	Actualización del entorno de la intersección					✓
PBIM15	Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio.					✓
PBIM25	Simulación definitiva de tránsito.					✓
PBIM01	Actualización de levantamiento de redes existentes.					✓
PBIM17	Estudio definitivo hidrología e hidráulica.					✓
PBIM14	Estudio de estructuras existentes.					✓
PBIM05	Consolidación de las condiciones existentes.					✓
PBIM12	Diseño geométrico definitivo de intersecciones.					✓
PBIM21	Estudio definitivo geológico y geotécnico.					✓

ID	Procesos y sub-procesos con metodología BIM	Abogado	Arquitecto	Biólogo	Contratista	Coordinador del proyecto
PBIM18	Estudio del clima.		✓			✓
PBIM16	Estudio definitivo de impacto ambiental.			✓		✓
PBIM19	Estudio detallado de predios.	✓	✓			✓
PBIM13	Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.					✓
PBIM09	Diseño definitivo estructural.		✓			✓
PBIM10	Diseño definitivo hidráulico.					✓
PBIM11	Diseño definitivo urbanístico & paisajismo.		✓	✓		✓
PBIM08	Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial (SSS&D).					✓
PBIM06	Diseño definitivo de Pavimentos.					✓
PBIM07	Diseño definitivo de redes de servicio.					
PBIM04	Consolidación y chequeo de interferencias de diseños definitivos.					✓
PBIM20	Evaluación del presupuesto cronograma de obra y a análisis de constructibilidad definitivo.					✓
PBIM23	Planificación del manejo de tráfico.					✓
PBIM03	Consolidación de documentación referente a entrega final Fase III.					✓

Tabla 14. *Procesos vs stakeholders (parte 2).*

ID	Procesos y sub-procesos con metodología BIM	Dueño	Entidades gubernamentales	Especialista predial	Geólogo	Ingeniero ambiental
- - -	Configuración inicial del proyecto IPD	✓	✓	✓	✓	✓
- - -	Planificación definitiva de cronograma de diseño Fase III	✓	✓	✓	✓	✓
- - -	Configuración de plataforma colaborativa, asignación de roles y responsabilidades	✓	✓	✓	✓	✓
PBIM24	Recopilación y revisión de la validez de la información generada en Fase II. Factibilidad.	✓	✓	✓	✓	✓
PBIM22	Levantamiento topográfico del corredor.					
PBIM02	Actualización del entorno de la intersección					
PBIM15	Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio.					
PBIM25	Simulación definitiva de tránsito.					
PBIM01	Actualización de levantamiento de redes existentes.					
PBIM17	Estudio definitivo hidrología e hidráulica.					
PBIM14	Estudio de estructuras existentes.					
PBIM05	Consolidación de las condiciones existentes.					
PBIM12	Diseño geométrico definitivo de intersecciones.					
PBIM21	Estudio definitivo geológico y geotécnico.				✓	

ID	Procesos y sub-procesos con metodología BIM	Dueño	Entidades gubernamentales	Especialista predial	Geólogo	Ingeniero ambiental
PBIM18	Estudio del clima.					✓
PBIM16	Estudio definitivo de impacto ambiental.					✓
PBIM19	Estudio detallado de predios.			✓		
PBIM13	Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.				✓	✓
PBIM09	Diseño definitivo estructural.					
PBIM10	Diseño definitivo hidráulico.					
PBIM11	Diseño definitivo urbanístico & paisajismo.					✓
PBIM08	Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial (SSS&D).					
PBIM06	Diseño definitivo de Pavimentos.					
PBIM07	Diseño definitivo de redes de servicio.					
PBIM04	Consolidación y chequeo de interferencias de diseños definitivos.					
PBIM20	Evaluación del presupuesto cronograma de obra y a análisis de constructibilidad definitivo.					
PBIM23	Planificación del manejo de tráfico.					
PBIM03	Consolidación de documentación referente a entrega final Fase III.					

Tabla 15. *Procesos vs stakeholders (parte 3).*

ID	Procesos y sub-procesos con metodología BIM	Ingeniero Auxiliar	Ingeniero Climático	Ingeniero de Aguas	Ingeniero de Costos	Ingeniero de Gas
---	Configuración inicial del proyecto IPD		✓	✓	✓	✓
---	Planificación definitiva de cronograma de diseño Fase III		✓	✓	✓	✓
---	Configuración de plataforma colaborativa, asignación de roles y responsabilidades	✓	✓	✓	✓	✓
PBIM24	Recopilación y revisión de la validez de la información generada en Fase II. Factibilidad.	✓	✓	✓	✓	✓
PBIM22	Levantamiento topográfico del corredor.					
PBIM02	Actualización del entorno de la intersección	✓		✓		✓
PBIM15	Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio.	✓				
PBIM25	Simulación definitiva de tránsito.	✓				
PBIM01	Actualización de levantamiento de redes existentes.	✓				
PBIM17	Estudio definitivo hidrología e hidráulica.			✓		
PBIM14	Estudio de estructuras existentes.	✓				
PBIM05	Consolidación de las condiciones existentes.	✓				
PBIM12	Diseño geométrico definitivo de intersecciones.					
PBIM21	Estudio definitivo geológico y geotécnico.					
PBIM18	Estudio del clima.		✓	✓		

ID	Procesos y sub-procesos con metodología BIM	Ingeniero Auxiliar	Ingeniero Climático	Ingeniero de Aguas	Ingeniero de Costos	Ingeniero de Gas
PBIM16	Estudio definitivo de impacto ambiental.					
PBIM19	Estudio detallado de predios.	✓				
PBIM13	Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.			✓		
PBIM09	Diseño definitivo estructural.		✓	✓		
PBIM10	Diseño definitivo hidráulico.					
PBIM11	Diseño definitivo urbanístico & paisajismo.					
PBIM08	Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial (SSS&D).					
PBIM06	Diseño definitivo de Pavimentos.					
PBIM07	Diseño definitivo de redes de servicio.					✓
PBIM04	Consolidación y chequeo de interferencias de diseños definitivos.	✓				
PBIM20	Evaluación del presupuesto cronograma de obra y a análisis de constructibilidad definitivo.				✓	
PBIM23	Planificación del manejo de tráfico.					
PBIM03	Consolidación de documentación referente a entrega final Fase III.					

Tabla 16. *Procesos vs stakeholders (parte 4).*

ID	Procesos y sub-procesos con metodología BIM	Ingeniero de pavimentos	Ingeniero de suelos	Ingeniero de Telecomunicaciones	Ingeniero de Tránsito
---	Configuración inicial del proyecto IPD	✓	✓	✓	✓
---	Planificación definitiva de cronograma de diseño Fase III	✓	✓	✓	✓
---	Configuración de plataforma colaborativa, asignación de roles y responsabilidades	✓	✓	✓	✓
PBIM24	Recopilación y revisión de la validez de la información generada en Fase II. Factibilidad.	✓	✓	✓	✓
PBIM22	Levantamiento topográfico del corredor.				
PBIM02	Actualización del entorno de la intersección	✓	✓	✓	
PBIM15	Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio.				✓
PBIM25	Simulación definitiva de tránsito.				✓
PBIM01	Actualización de levantamiento de redes existentes.				
PBIM17	Estudio definitivo hidrología e hidráulica.		✓		
PBIM14	Estudio de estructuras existentes.				
PBIM05	Consolidación de las condiciones existentes.				
PBIM12	Diseño geométrico definitivo de intersecciones.				
PBIM21	Estudio definitivo geológico y geotécnico.		✓		
PBIM18	Estudio del clima.				
PBIM16	Estudio definitivo de impacto ambiental.				

ID	Procesos y sub-procesos con metodología BIM	Ingeniero de pavimentos	Ingeniero de suelos	Ingeniero de Telecomunicaciones	Ingeniero de Tránsito
PBIM19	Estudio detallado de predios.				
PBIM13	Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.		✓		
PBIM09	Diseño definitivo estructural.	✓	✓		
PBIM10	Diseño definitivo hidráulico.				
PBIM11	Diseño definitivo urbanístico & paisajismo.				
PBIM08	Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial (SSS&D).				✓
PBIM06	Diseño definitivo de Pavimentos.	✓			
PBIM07	Diseño definitivo de redes de servicio.			✓	
PBIM04	Consolidación y chequeo de interferencias de diseños definitivos.				
PBIM20	Evaluación del presupuesto cronograma de obra y a análisis de constructibilidad definitivo.				
PBIM23	Planificación del manejo de tráfico.				✓
PBIM03	Consolidación de documentación referente a entrega final Fase III.				

Tabla 17. *Procesos vs stakeholders (parte 5).*

ID	Procesos y sub-procesos con metodología BIM	Ingeniero de Vías	Ingeniero Eléctrico	Ingeniero Estructural	Ingeniero Hidráulico y Sanitario
---	Configuración inicial del proyecto IPD	✓	✓	✓	✓
---	Planificación definitiva de cronograma de diseño Fase III	✓	✓	✓	✓
---	Configuración de plataforma colaborativa, asignación de roles y responsabilidades	✓	✓	✓	✓
PBIM24	Recopilación y revisión de la validez de la información generada en Fase II. Factibilidad.	✓	✓	✓	✓
PBIM22	Levantamiento topográfico del corredor.				
PBIM02	Actualización del entorno de la intersección	✓	✓	✓	✓
PBIM15	Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio.				
PBIM25	Simulación definitiva de tránsito.				
PBIM01	Actualización de levantamiento de redes existentes.				
PBIM17	Estudio definitivo hidrología e hidráulica.			✓	
PBIM14	Estudio de estructuras existentes.			✓	
PBIM05	Consolidación de las condiciones existentes.			✓	
PBIM12	Diseño geométrico definitivo de intersecciones.	✓			
PBIM21	Estudio definitivo geológico y geotécnico.				
PBIM18	Estudio del clima.				
PBIM16	Estudio definitivo de impacto ambiental.				

PBIM19	Estudio detallado de predios.			
PBIM13	Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.		✓	✓
PBIM09	Diseño definitivo estructural.		✓	
PBIM10	Diseño definitivo hidráulico.			✓
PBIM11	Diseño definitivo urbanístico & paisajismo.			
PBIM08	Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial (SSS&D).	✓		
PBIM06	Diseño definitivo de Pavimentos.			
PBIM07	Diseño definitivo de redes de servicio.		✓	
PBIM04	Consolidación y chequeo de interferencias de diseños definitivos.			
PBIM20	Evaluación del presupuesto cronograma de obra y a análisis de constructibilidad definitivo.			
PBIM23	Planificación del manejo de tráfico.			
PBIM03	Consolidación de documentación referente a entrega final Fase III.			

Tabla 18. *Procesos vs stakeholders (parte 6).*

ID	Procesos y sub-procesos con metodología BIM	Lider BIM	Lider IPD	Lider Lean	Proveedores	Topógrafo
---	Configuración inicial del proyecto IPD	✓	✓	✓	✓	✓
---	Planificación definitiva de cronograma de diseño Fase III	✓	✓	✓	✓	✓
---	Configuración de plataforma colaborativa, asignación de roles y responsabilidades	✓	✓	✓	✓	✓
PBIM24	Recopilación y revisión de la validez de la información generada en Fase II. Factibilidad.	✓	✓	✓		✓
PBIM22	Levantamiento topográfico del corredor.	✓	✓	✓		✓
PBIM02	Actualización del entorno de la intersección	✓	✓	✓		
PBIM15	Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio.	✓	✓	✓		
PBIM25	Simulación definitiva de tránsito.	✓	✓	✓		
PBIM01	Actualización de levantamiento de redes existentes.	✓	✓	✓		
PBIM17	Estudio definitivo hidrología e hidráulica.	✓	✓	✓		
PBIM14	Estudio de estructuras existentes.	✓	✓	✓		
PBIM05	Consolidación de las condiciones existentes.	✓	✓	✓		
PBIM12	Diseño geométrico definitivo de intersecciones.	✓	✓	✓		
PBIM21	Estudio definitivo geológico y geotécnico.	✓	✓	✓		
PBIM18	Estudio del clima.	✓	✓	✓		

PBIM16	Estudio definitivo de impacto ambiental.	✓	✓	✓
PBIM19	Estudio detallado de predios.	✓	✓	✓
PBIM13	Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.	✓	✓	✓
PBIM09	Diseño definitivo estructural.	✓	✓	✓
PBIM10	Diseño definitivo hidráulico.	✓	✓	✓
PBIM11	Diseño definitivo urbanístico & paisajismo.	✓	✓	✓
PBIM08	Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial (SSS&D).	✓	✓	✓
PBIM06	Diseño definitivo de Pavimentos.	✓	✓	✓
PBIM07	Diseño definitivo de redes de servicio.	✓	✓	✓
PBIM04	Consolidación y chequeo de interferencias de diseños definitivos.	✓	✓	✓
PBIM20	Evaluación del presupuesto cronograma de obra y a análisis de constructibilidad definitivo.	✓	✓	✓
PBIM23	Planificación del manejo de tráfico.	✓	✓	✓
PBIM03	Consolidación de documentación referente a entrega final Fase III.	✓	✓	✓

1.20 Validación y calibración de la metodología

1.20.1 Revisión y comparación documental

El proceso de validación y calibración inicio con la revisión detallada de los procesos y productos identificados en el diseño de la metodología, para lo cual fueron revisados los siguientes documentos: 1) Manual de Servicios de Consultoría para Estudios y Diseños, Interventoría de Estudios y Diseños y Gerencia de Proyectos en INVIAS - Sociedad Colombiana de Ingenieros, 2) Estudios a Nivel de Fase III Requerimientos Técnicos Estudios y Diseño de Carreteras Fase III – Agencia Nacional de Infraestructura, 3) Optimización y Diseño del Sistema Vial del Sector Comprendido por la Intersección de la Avenida Ferrocarril con la Carrera 28 y la Diagonal 49 y su articulación con el corredor de la calle 52 hasta la carrera 34C y carrera 34C entre calles 52 y 52^a – Barrancabermeja, Santander. En la revisión documental descrita fue posible identificar procesos y documentos faltantes, los cuales fueron integrados a los mapas de la metodología propuesta. Adicional a esto, fue identificada información adicional requerida por las disciplinas de diseño, la cual fue tomada en cuenta en los documentos de entrada y salida de los procesos. Otro aspecto revisado y ajustado, fue el relacionado a la definición y alcance de los procesos, lo cual influyo en el orden cronológico de las actividades analizadas, generando así algunas modificaciones en la secuencia de los procesos.

1.20.2 Ecuaciones de balance para archivos de entrada y salida

La segunda parte de la validación y calibración de la metodología estuvo relacionada con el análisis de las ecuaciones de balance de los archivos de entrada y salida con base en lo expuesto en *BIM*

Project Execution Planning Guide – Version 2.2 - The Pennsylvania State University (Messner et al., 2019). El proceso se fundamentó en garantizar que la información de salida de los procesos fuese suficiente para satisfacer las necesidades de procesos subsecuentes en los intercambios de información relacionados con los distintos subprocessos. En esta actividad fueron identificados algunos archivos faltantes, al igual que fueron ajustados (en las fichas de caracterización de los procesos) los niveles de detalle requeridos en los archivos generados. Por otro lado, se observó la necesidad de modificar el orden cronológico de algunas actividades teniendo en cuenta que algunos archivos e información se estaban generando en procesos posteriores a los momentos en los que se requerían (ver Figura 71).

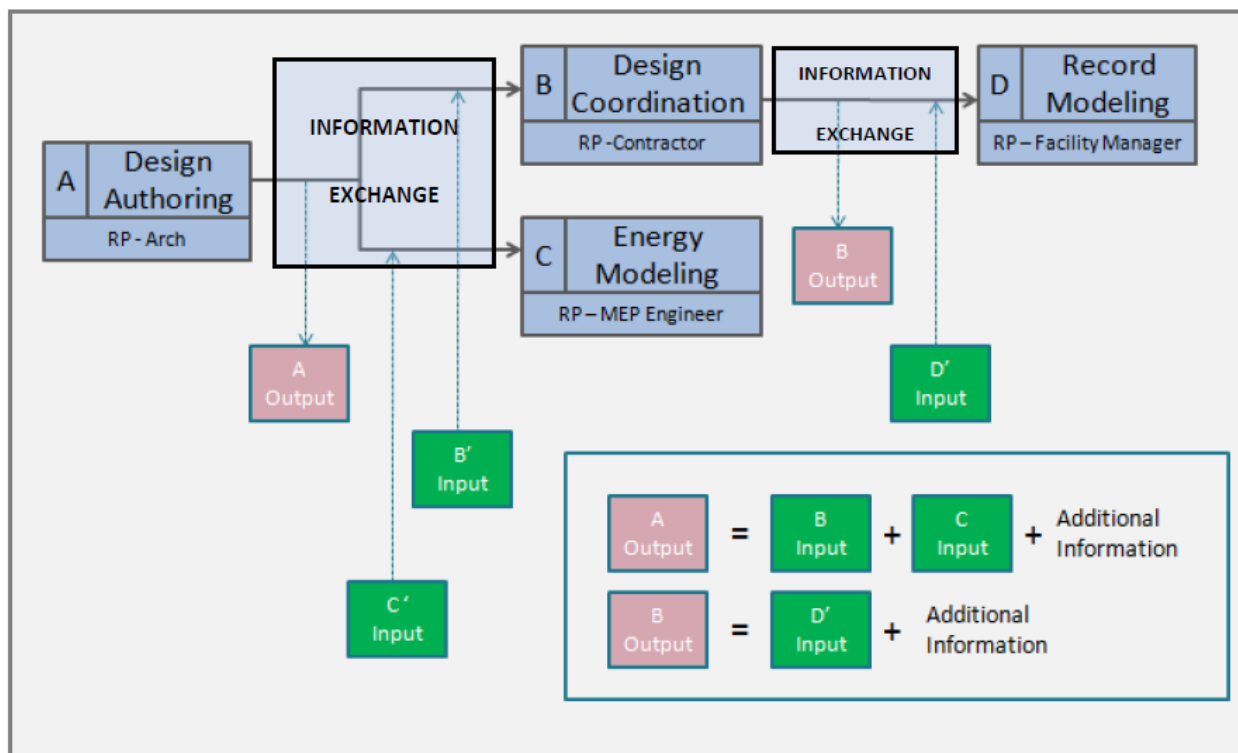


Figura 71. Modelo de ecuaciones de balance para la verificación de los archivos de entrada y salida de cada uno de los procesos. Fuente: BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.2 - The Pennsylvania State University (Messner et al., 2019)

1.20.3 Aplicación de la metodología a un proyecto de intersección vial tipo trompeta

La aplicación de la metodología propuesta en la presente investigación a una intersección vial tipo trompeta se realizó en la vía Bucaramanga a San Gil en el cruce donde los vehículos que se dirigen a la Mesa de los Santos realizan el desvío (ver Figura 72), la cual es caracterizada como una intersección vial en “T” que resulta factible adecuarla a una intersección vial a desnivel tipo trompeta. Esta intersección vial fue considerada tomando en cuenta la cogestión vial que se presenta durante determinados momentos por concepto de alto volumen vehicular generado por el trayecto Bucaramanga – Bogotá y el alto volumen vehicular turista hacia el sector de la Mesa de los Santos.

La intersección vial contemplada para la implementación de la metodología propuesta para los diferentes casos de estudios son seleccionados partiendo de la disponibilidad de información correspondiente a: información y documentación de las condiciones topográficas del terreno, acceso a la zona de afectación, estaciones de conteos vehiculares de la zona, historial del crecimiento de la demanda vehicular de los últimos 20 años por parte de Instituto Nacional de INVIAS, acceso a la herramienta Google Street View para reforzar la información disponible para el modelado de las condiciones existentes de la zona de interés, fotogrametría aérea, entre otras.

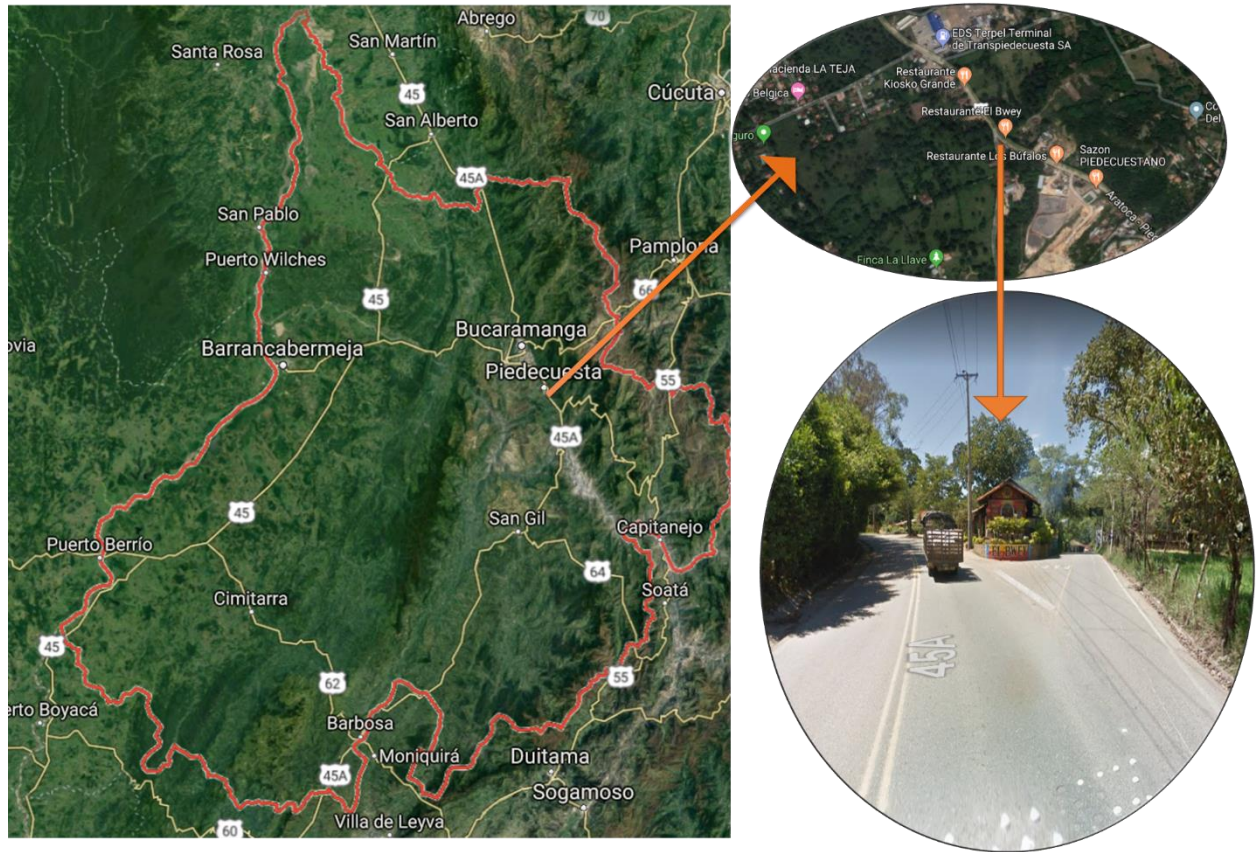


Figura 72. Creación del proyecto de intersección vial tipo trompeta en la aplicación Autodesk BIM 360

Para el inicio del desarrollo del proyecto se adaptó la aplicación Autodesk BIM 360, que es una plataforma de colaboración en la nube computacional que permite conectar a los participantes del proyecto mediante un dispositivo que puede ser: computador, tableta o celular. Esta plataforma de colaboración fue seleccionada teniendo en cuenta la compatibilidad con los softwares Autodesk Infracore 2020, Autodesk Revit 2020, Autodesk Navisworks 2020, Autodesk Civil 3D 2020 y Autodesk Robot Structural 2020, lo cual permite una mayor interoperabilidad entre los diferentes profesionales relacionados con el diseño de la intersección vial, permitiendo así analizar diferentes cuestiones del proyecto en paquetes especializados en el diseño de las diferentes disciplinas como por ejemplo el caso del diseño de estructuras requeridas en el software Autodesk Robot Structural

que cuenta con herramientas especializadas en análisis estructuras y diseño, donde los elementos de resultantes pueden ser exportados al software Infracore de tal manera que se logra compatibilidad y coherencia entre la información producida por las distintas disciplinas de diseño.

Dentro de los primeros pasos en la aplicación Autodesk BIM 360 se encuentra la creación del proyecto en la cual se ingresan algunos datos básicos como: ubicación, nombre, zona horaria, entre otros (ver Figura 73).

Crear perfil del proyecto
Paso 1 de 2

* Nombre de proyecto
Intersección tipo Trompeta Santander
El nombre de proyecto es válido.

* Tipo de proyecto
Calles / Carreteras / Autopistas

Tipo de construcción
Nueva construcción

Valor del proyecto
EUR
El valor del proyecto es válido.

Tipo de contrato

* Fecha inicio proyecto 01 mar, 2019 * Fecha fin proyecto 31 oct, 2019

Imagen del proyecto
Imagen para cargar
Archivo JPEG, GIF, PNG o BMP (4 MB máx.)
Examinar
La imagen no se ha podido guardar; inténtelo de nuevo.

Dirección de proyecto
Línea de dirección 1
Línea de dirección 2
Bucaramanga Código postal
Santander
Colombia

Zona horaria del proyecto
(GMT+01:00) Madrid

* Idioma de proyectos de BIM 360 Field

Figura 73. Creación del proyecto de intersección vial tipo trompeta en la aplicación Autodesk BIM 360

Con la creación del proyecto en la aplicación Autodesk BIM 360 se habilita la vinculación de profesionales que participaran en el proyecto además de las funciones que desempeñaran en las

actividades de diseño (ver Figura 74), para esto cada uno de los participantes debe contar con una cuenta de Autodesk activa. A partir de esta experiencia se observó que en el mapa de procesos era necesario adicionar un proceso dedicado a la configuración de este tipo aspectos. Por lo anterior, el mapa de procesos planteados fue modificado mediante la adición del proceso “configuración de plataforma colaborativa, asignación de roles y responsabilidades” con lo cual fue posible mejorar la metodología planteada y adecuarla a las necesidades que genera la implementación del enfoque BIM a los proyectos viales. Por otro lado, se observó la necesidad de incluir un participante adicional a los ya identificados, el cual se denominó “Lider BIM” el cual tendrá la función de administrar los modelos BIM, los cuales requieren de una administración cuidadosa teniendo en cuenta que una práctica incorrecta puede ocasionar que se produzcan daños irreversibles en el modelo que podrían conllevar a extensos procesos de re-trabajo. Por otro lado, el “Lider BIM” deberá gestionar y controlar los flujos de información del proyecto de tal manera que exista un ambiente de comunicación abierta y compatibilidad entre los flujos de información.

La actividad de configuración de los permisos de acceso a los distintos profesionales se recomienda sea realizada después de ejecutado el proceso “Implementación IPD” en el cual son definidos los responsables y sus respectivos alcances, información con la cual es posible asignar de manera eficiente los permisos de acceso a la información en la plataforma. Una vez realizada la vinculación de los participantes al proyecto estos serán notificados (ver Figura 75) y podrán acceder a la plataforma en la cual encontrarán disponible la información del proyecto, aquí se recomienda que los participantes cuenten con acceso a la visualización de la totalidad de los documentos del proyecto con la finalidad de seguir los lineamientos IPD para participación y monitoreo de las actividades del proyecto por parte de la totalidad de profesionales.

Añada personas al directorio de miembros

Para añadir personas al directorio de miembros, indique sus direcciones de correo electrónico. Podrá acceder a ellas cualquier administrador de proyectos que desee incorporar personas a su proyecto.

Escriba las direcciones de correo electrónico separadas por comas

Añadir

Correo electrónico	*Empresa predet.	Función predet.
omarsanchez.44@hotmail.com	UNIVERSIDAD INDUSTRIA	Ingeniero

Cancelar Guardar

Figura 74. Adición de participantes al proyecto de intersección tipo trompeta en la aplicación Autodesk BIM 360.



Figura 75. Notificación a cada participante del proyecto.

Una vez los participantes dan la aceptación a la inclusión del proyecto haciendo uso de la notificación realizada esto aparecerán disponibles en la plataforma (ver Figura 76), con lo cual podrán ser asignados a una o varias carpetas de archivos y disciplinas de diseño, lo cual puede ser realizado en cualquier momento del proyecto.

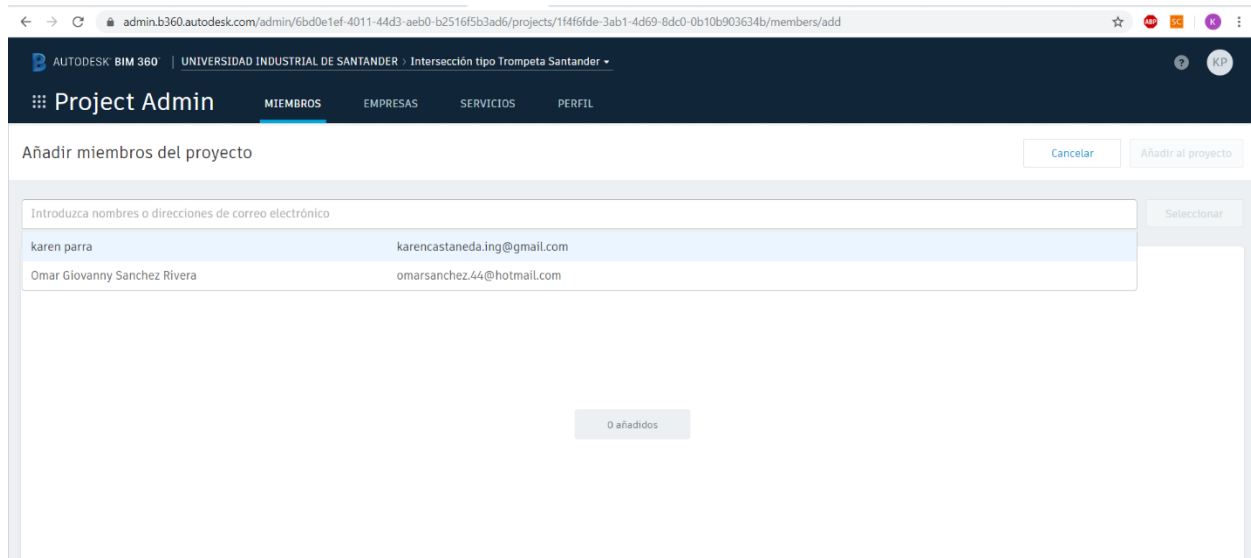


Figura 76. Asignación de miembros al proyecto en la plataforma Autodesk BIM 360.

La aplicación Autodesk BIM 360 permite que cada uno de los participantes pueda contactarse con los demás, lo cual resulta de beneficio para mejorar los flujos de comunicación (ver Figura 77). Por otro lado, es posible asignar una empresa (ver Figura 78) a cada uno de los participantes con lo cual la asignación de permisos puede ser realizada a empresas que agrupen varios participantes del proyecto.

The screenshot displays the 'Account Admin' interface for a user named 'omarsanchez.44@hotmail.com'. The interface is divided into several sections:

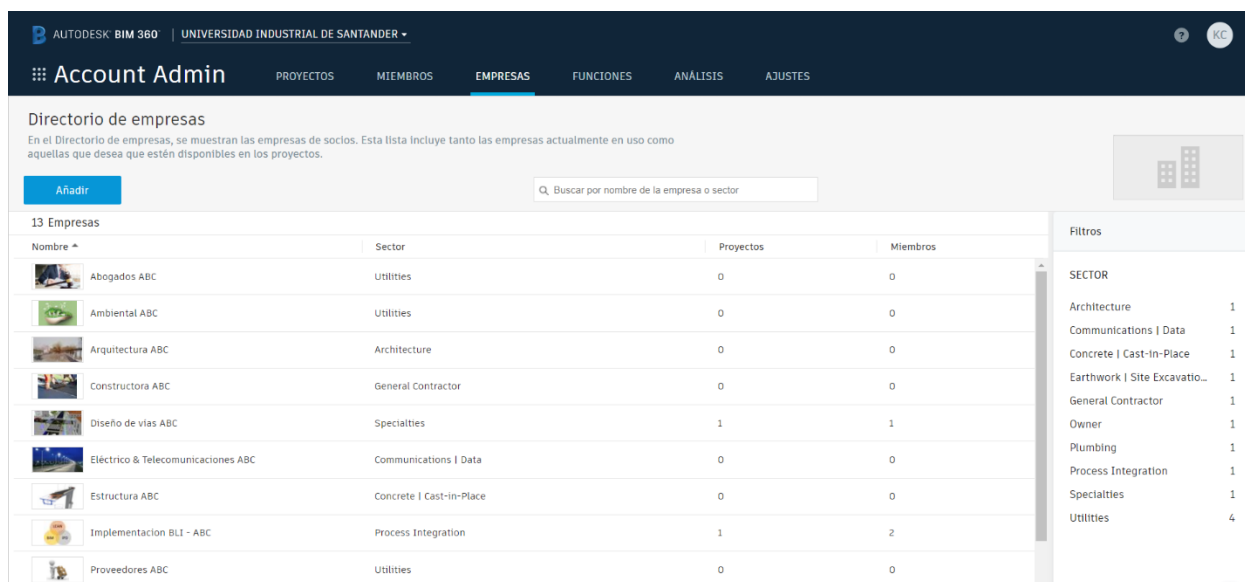
- Header:** Includes the Autodesk BIM 360 logo, the user's name 'UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER', and navigation tabs: PROYECTOS, MIEMBROS (active), EMPRESAS, FUNCIONES, ANÁLISIS, and AJUSTES.
- Left Sidebar:** Contains a 'Nuevo miembro' section with a 'Pendiente' status indicator and a 'Suprimir miembro' button.
- Main Content Area:**
 - Perfil de miembro:** Shows the user's profile picture and a 'Volver a Todos los miembros' link.
 - Funciones y acceso:** Includes a 'Función predet.' dropdown set to 'Ingeniero', a 'Nivel de acceso' dropdown set to 'Account Admin', and an 'Empresa predet.' dropdown set to 'UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER'. An 'Editar' button is present.
 - Perfil:** Includes fields for 'Título', 'Teléfono', 'Dirección', and 'Correo electrónico' (omarsanchez.44@hotmail.com). An 'Acerca de' section is also visible.
- Footer:** Includes a 'Feedback' button and a user profile icon.

Figura 77. Creación de perfil de usuario en la plataforma Autodesk BIM 360.

The screenshot shows the 'Crear empresa' form, which is used to create a new company profile. The form includes the following fields and sections:

- Nombre de la empresa:** A text input field containing 'Constructora ABC'.
- Tipo de empresa o sector:** A dropdown menu set to 'Contratista general'.
- Logotipo de la empresa:** A section for uploading a company logo, featuring a preview image of construction workers and a button labeled 'Examinar'.
- Dirección de la empresa:** Includes fields for 'Línea de dirección 1', 'Línea de dirección 2', 'Bucaramanga', 'Código postal', 'Santander', and 'Colombia'.
- Descripción:** A text area containing the text 'Constructora del contratista IPD'.
- Teléfono de la empresa:** A text input field containing '6344000'.
- ID de Empresa asociada en ERP:** A text input field.
- Sitio web de la empresa:** A text input field.
- Identificación fiscal:** A text input field.
- Buttons:** 'Cancelar' and 'Guardar' buttons are located at the bottom right of the form.

Figura 78. Perfil típico de una empresa en la plataforma Autodesk BIM 360.



Account Admin | AUTODESK BIM 360 | UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Directorio de empresas
En el Directorio de empresas, se muestran las empresas de socios. Esta lista incluye tanto las empresas actualmente en uso como aquellas que desea que estén disponibles en los proyectos.

[Añadir](#)

Nombre	Sector	Proyectos	Miembros
Abogados ABC	Utilities	0	0
Ambiental ABC	Utilities	0	0
Arquitectura ABC	Architecture	0	0
Constructora ABC	General Contractor	0	0
Diseño de vías ABC	Specialties	1	1
Eléctrico & Telecomunicaciones ABC	Communications Data	0	0
Estructura ABC	Concrete Cast-in-Place	0	0
Implementación BLI - ABC	Process Integration	1	2
Proveedores ABC	Utilities	0	0

Filtros

SECTOR

- Architecture 1
- Communications | Data 1
- Concrete | Cast-in-Place 1
- Earthwork | Site Excavatio... 1
- General Contractor 1
- Owner 1
- Plumbing 1
- Process Integration 1
- Specialties 1
- Utilities 4

Figura 79. Listado de empresas asociadas al proyecto.

Realizada la configuración de la plataforma Autodesk BIM 360, la validación y calibración de la metodología de diseño geométrico propuesta en el proyecto de intersección vial tipo trompeta se realizó considerando el alcance establecido para la presente investigación que correspondió al proceso del mapa general denominado como “diseño geométrico definitivo de intersecciones” para el cual fueron integrados 6 participantes (ver Figura 80) al proyecto con la finalidad de corroborar los procesos de colaboración y los flujos de información del diseñados para la metodología, a los cuales se le asignó diferentes permisos de acceso a la información (ver Figura 81) y funciones en el proyecto, al igual que grados de permisos para el acceso a la información (ver Figura 82).



Account Admin

PROYECTOS

MIEMBROS

EMPRESAS

FUNCIONES

ANÁLISIS

AJUSTES

Directorio de miembros

En el Directorio de miembros, se muestran todos los miembros de la cuenta, incluidos los miembros del proyecto. Esta lista incluye miembros añadidos al directorio a los que aún no se les ha concedido acceso a la cuenta o a ningún proyecto.

Añadir

Más acciones

Correo elec./No..

Q

Buscar por nombre o correo electrónico

6 miembros

☐	Nombre	Correo electrónico *	Estado	Empresa predet.	Último inic. ses.
☐	 Alex Riso	alex_redes@outlook.com	Activo	Redes ABC	11 de oct. de 2019
☐	 Javier Torres	javiert_arq@outlook.com	Activo	Arquitectura ABC	11 de oct. de 2019
☐	 Karen Castañeda	karencastaneda.ing@gmail.com	Activo	Universidad Industrial de Santan	11 de oct. de 2019
☐	 Carolina Parra	karito_0493@hotmail.com	Activo	Diseño de vías ABC	11 de oct. de 2019
☐	 Lider LEAN	lider_lean@outlook.com	Activo	Implementacion BLI - ABC	11 de oct. de 2019
☐	 Omar Giovanni Sanchez Rivera	omarsanchez.44@hotmail.com	Activo	Universidad Industrial de Santan	11 de oct. de 2019

Filtros

ESTADO

Activo

Pendiente

Inactivo

6

0

0

NIVEL DE ACCESO

Account Admin

Project Admin

Otro miembro

6

3

0

Figura 80. Participantes del proyecto intersección vial tipo Trompeta.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Intersección tipo Trompeta Santander +

Project Admin

MIEMBROS

EMPRESAS

SERVICIOS

PERFIL

Miembros del proyecto

En Miembros del proyecto, se muestran todos los miembros del proyecto. Esta lista incluye los miembros pendientes invitados a los servicios, pero que aún no han activado sus cuentas, y los miembros inactivos que ha desactivado un admin. de cuentas.

Añadir

	Nombre	Estado	Correo electrónico	Empresa	Función	Project Admin			
	AR Alex Riso	Activo	alex_redes@outlook.com	Redes ABC	Ingteniero Hidráulico Y Sani...				
	CP Carolina Parra	Activo	karito_0493@hotmail.com	Implementacion BLI - ABC	Engineer				
	JT Javier Torres	Activo	javiert_arq@outlook.com	Arquitectura ABC	Architect				
	KC Karen Castañeda	Activo	karencastaneda.ing@gmail.com	Universidad Industrial de Sa...	Dueño				
	LL Ulder LEAN	Activo	lider_lean@outlook.com	Implementacion BLI - ABC	Lider LEAN				
	OR Omar Giovanny Sanchez Ri...	Activo	omarsanchez.44@hotmail.com	Implementacion BLI - ABC	Engineer				

Filtros

SERVICIO

Insight

6

Document Managem...

6

Design Collaboration

8

Figura 81. Funciones asignadas a los participantes en el proyecto de diseño geométrico de la intersección vial tipo trompeta.

Administrar miembros de Arquitectura

Añada miembros del equipo existentes o invite a nuevos miembros a este equipo.

Añadir

Nivel de permiso

Ver + editar

Nombre ^	Nivel de permiso	Tipo	
alex_redes@outlook.com	Solo ver	Usuario	Eliminar
javiert_arq@outlook.com	Ver + editar + compartir + controlar	Usuario	Eliminar
Karen Castañeda	Ver + editar + compartir + controlar	Usuario	Heredado
lider_lean@outlook.com	Solo ver	Usuario	Eliminar
Omar Giovanni Sanchez Rivera	Ver + editar + compartir + controlar	Usuario	Heredado

Figura 82. Nivel de acceso a la información del proyecto asignado a los participantes del proyecto de intersección vial a desnivel tipo Trompeta.

El inicio de la elaboración de los modelos BIM partió del modelo de condiciones existentes para el cual se utilizaron unas curvas de nivel de la zona del terreno con las que fue posible elaborar la superficie topográfica de terreno del proyecto, a dicha superficie se le asignó una fotografía aérea obtenida de la aplicación Google Earth, la cual permitió la obtención de una superficie topográfica con un mayor grado de realismo que ayudo a la ubicación de elementos aledaños al proyecto tales como: ríos, construcciones, vegetación, puentes, luminarias, cercas, vías, entre otros. Lo anterior sumando a un conjunto de fotografías permitió el modelamiento de las condiciones existentes del proyecto con el limitante que no fueron incluidas las redes de sub-superficiales tomando en cuenta las dificultades relacionadas con el acceso a la información del proyecto. Con dicha información y el trabajo colaborativo de los participantes involucrados en el proyecto fue posible la obtención del modelo BIM de condiciones existentes (ver Figuras 83, a 86).



Figura 83. Modelo BIM de condiciones existentes vs fotografía 1 del sitio de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.



Figura 84. Modelo BIM de condiciones existentes vs fotografía 2 del sitio de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.



Figura 85. Modelo BIM de condiciones existentes vs fotografía 3 del sitio de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.



Figura 86. Modelo BIM de condiciones existentes vs fotografía 4 del sitio de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.

Con el modelo de las condiciones existentes se procedió a la verificación de los problemas de tráfico existentes en el sitio del proyecto a través de la herramienta de simulación de tráfico del software Autodesk Infracore 2020, donde los datos fueron tomados del Instituto Nacional de Vías INVIAS (ver Figura 87), esto fue realizado con el propósito de verificar que el modelo BIM de las condiciones existentes estuviera elaborado de forma correcta de tal manera que permitiera el análisis y diseño de la intersección estudiada. Por otro lado, fueron revisados los perfiles longitudinales y transversales al igual que la vista en planta del proyecto para garantizar que el modelo BIM de las condiciones existentes coincidiera con las características existentes del proyecto.

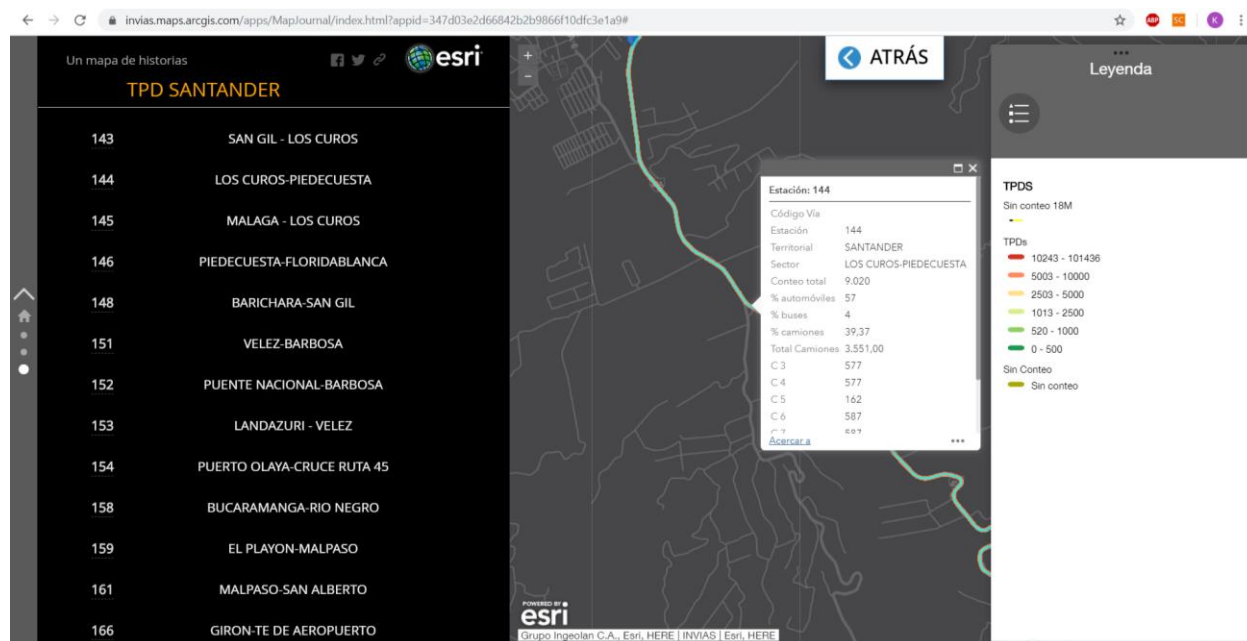


Figura 87. Plataforma del INVIAS para la obtención de volúmenes vehiculares del sitio de la intersección vial a desnivel tipo trompeta

De la simulación de tráfico y la revisión general del modelo BIM de condiciones existentes fue posible evidenciar que el modelo obtenido representa las condiciones existentes de la intersección

estudiada (ver Figuras 88 y 89). De igual manera, se evidenciaron las ventajas de la metodología de colaboración llevada a cabo ya que fue posible elaborar el modelo en forma rápida y oportuna y las observaciones de los demás participantes permitieron mejorar significativamente el modelo obtenido.



Figura 88. Modelo BIM de condiciones existentes en la intersección vial a desnivel tipo trompeta.



Figura 89. Modelo BIM de condiciones existentes en la intersección vial a desnivel tipo trompeta.

Con el modelo BIM de las condiciones existentes se procedió al planteamiento de intersecciones a nivel con la finalidad de determinar si resultaba indispensable el uso de una intersección a desnivel como solución a la problemática existente. Se inició con el planteamiento de una intersección canalizada a nivel como se observa en las Figura 90 y 91, la cual se observó resultado poco efectiva para solucionar las problemáticas de tráfico vehicular existentes en la intersección de estudio. En el planteamiento de esta intersección se siguió el procedimiento de la metodología de diseño geométrico planteada, donde fue posible identificar algunas cuestiones que permitieron ajustar dicha metodología para que funcionara en intersecciones a nivel con los cual fueron asignados un conjunto de condicionales como se observan en los mapas de procesos mostrados en la sección 4.5.3. Siendo así uno de los principales aportes obtenidos en el proceso de calibración de la metodología propuesta.



Figura 90. Intersección vial a nivel canalizada como opción a la intersección tipo trompeta analizada



Figura 91. Intersección vial a nivel canalizada como opción a la intersección tipo trompeta analizada.

Con lo observado en la intersección a nivel canalizada, se procedió al planteamiento de una intersección tipo glorieta, con la cual se observó la necesidad de realizar ajustes en la metodología propuesta para adaptarla a los proyectos de intersección tipo glorieta (ver Figuras de 92 a 95), al igual que con la intersección a nivel canalizada se realizó la verificación que las modificaciones fueran acordes con el proceso requerido para el diseño geométrico de dichos tipos de intersecciones.

Relacionado al comportamiento de la intersección tipo glorieta frente al volumen tráfico del sector estudiado, se observó un mejor comportamiento de la glorieta con respecto a la intersección a nivel canalizada, sin embargo, con la proyección vehicular del tránsito a 20 años según los datos obtenidos de la aplicación del INVIAS se observaron situaciones de congestión vehicular (ver Figuras 93, 94 y 95). Debido al alcance establecido para la presente investigación no se realizó un énfasis en el estudio del tránsito pero se observó que el paquete BIM seleccionado (Autodesk

Infraworks 2020) posee un módulo de análisis de movilidad que contiene una cantidad considerable de herramientas para el estudio de tráfico, con lo que es posible integrar la actividad de análisis y simulación del tráfico a las actividades de diseño geométrico desapareciendo como un proceso individual y convirtiéndose en una actividad que puede usar como plataforma de simulación el modelo BIM de las condiciones existentes del proyecto. Teniendo en cuenta el potencial expuesto se recomienda que futuras investigaciones sean enfocadas al análisis y simulación del tráfico mediante la implementación del enfoque BIM.

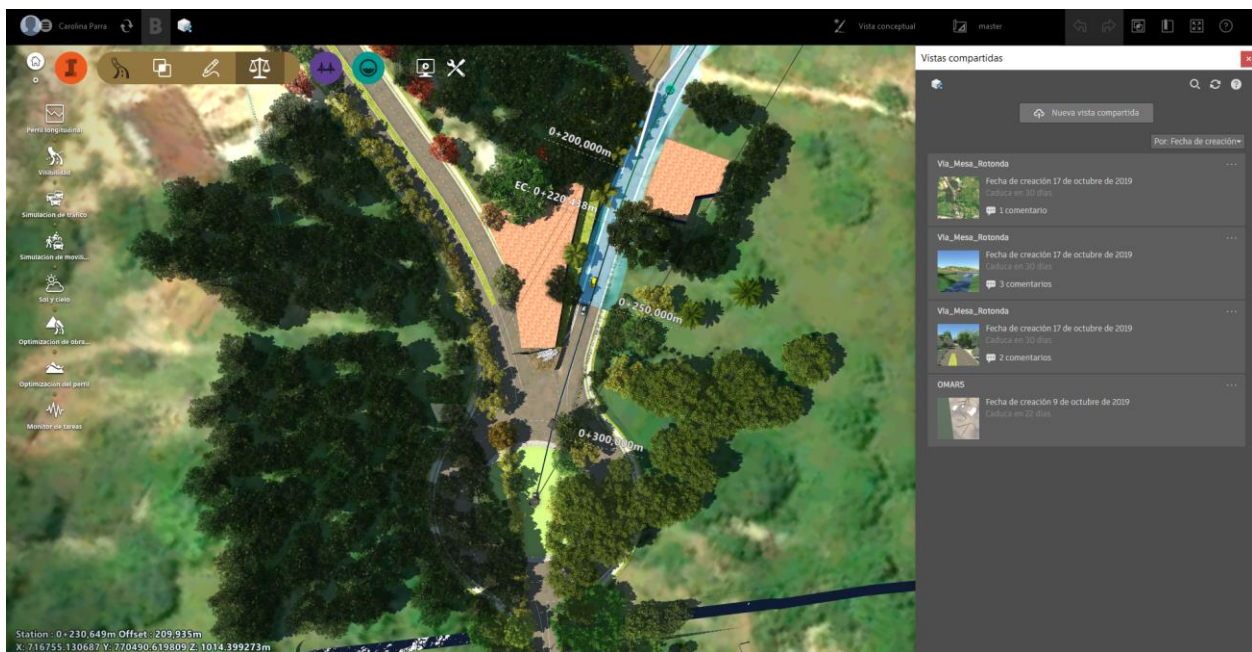


Figura 92. Alternativa de la intersección tipo glorieta en el sitio de la intersección vial a desnivel tipo Trompeta



Figura 93. Análisis de tráfico de la alternativa de la intersección tipo glorieta en el sitio de la intersección vial a desnivel tipo Trompeta (vista 1)



Figura 94. Análisis de tráfico de la alternativa de la intersección tipo glorieta en el sitio de la intersección vial a desnivel tipo Trompeta (vista 2)



Figura 95. Análisis de tráfico de la alternativa de la intersección tipo glorieta en el sitio de la intersección vial a desnivel tipo Trompeta (vista 3)

Con los resultados de la intersección canalizada a nivel y la tipo glorieta se procedió al planteamiento de una intersección tipo trompeta para lo cual se siguieron los procesos de la metodología propuesta con la modificaciones realizadas en el planteamiento de las intersecciones a nivel canalizada y tipo glorieta. De acuerdo con la metodología propuesta, la primera parte consistió en la configuración del modelo BIM para el inicio de las actividades de diseño geométrico, en dicha actividad se configuraron aspectos como: sistema de coordenadas, unidades de medición, parámetros de colaboración, entre otros. A continuación, se ejecutó el proceso denominado “creación y configuración de las propiedades del ensamble, el cual consistió en establecer el tipo de corredores viales que se utilizarían en el diseño de la intersección (ver Figura 96), para este caso se eligió un ensamble compuesto por: 4 carriles (2 carriles en cada sentido), separador, cuneta y andén, elementos a los cuales se les asignó una dimensión inicial que luego fue ajustada en el proceso de diseño de la sección transversal, lo cual fue seleccionado para los

corredores principal y secundario. En el caso de los ramales de enlace se elaboró un ensamblaje de un carril y bordillos.

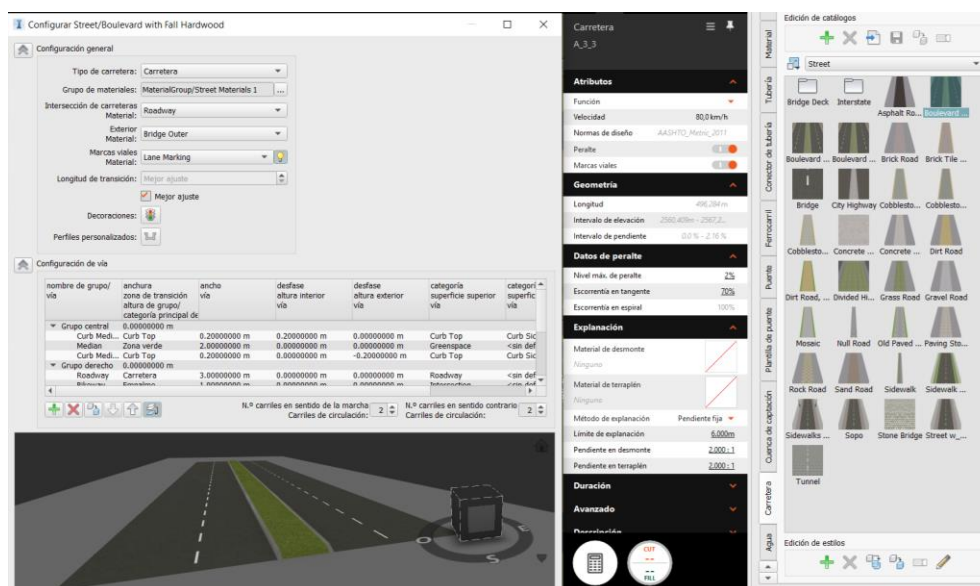


Figura 96. Configuración de las propiedades del ensamble en el software Autodesk InRoads 2020.

Con la configuración de los ensamblajes se procedió al proceso denominado “dimensionamiento de pasos a desnivel”, que en el caso de intersección vial a desnivel tipo trompeta se requiere un paso vehicular para este caso no fueron asumidos pasos peatonales teniendo en cuenta la baja afluencia de peatones en el sector de la intersección. En el dimensionamiento se asignaron las dimensiones de galibo, ancho y la ubicación que fue asignada en un tramo recto del alineamiento horizontal. El galibo fue asumido como 5.5 m y con la ayuda del ingeniero estructural participante en el equipo de diseño se dimensiono el ancho del puente, con lo cual fue posible determinar la diferencia de cotas con las que se debían entrecruzar los corredores viales primario y secundario (6.2 m). El paso vehicular fue seleccionado del tipo subterráneo tomando en consideración la topografía del sector de la intersección vial analizada. En la elaboración de esta actividad se observó la necesidad de incluir un subproceso relacionado con

la definición de las distancias de visibilidad, el cual fue asignado al mapa de subprocesos denominado “dimensionamiento de pasos a desnivel”.

El diseño geométrico continuó con el proceso denominado “asignación de controles de diseño de las calzadas principal y secundaria de la intersección”, en el cual fueron asignados parámetros de diseño tales como: velocidad de las calzadas principal y secundaria (40 kph), vehículos de diseño (camión C5), distancias de parada, adelantamiento y cruce (según manual de diseño del INVIAS), radios de curvatura (tomando en consideración $e=4\%$), pendientes mínimas y máximas, longitudes de tangentes horizontales y verticales, longitudes de curvas verticales, entre otros. Los parámetros anteriormente descritos fueron asignados de acuerdo a lo expuesto por el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS (Instituto Nacional de Invias, 2008).

Terminado el proceso de “asignación de controles de diseño de las calzadas principal y secundaria de la intersección” se continuó con el proceso denominado “diseño geométrico del alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección” en cual fue realizado en colaboración con uno de los participantes vinculados al proceso de validación y se tuvieron en cuenta los parámetros establecidos en los procesos previos. Para este caso se adecuó el alineamiento horizontal con un tramo recto lo suficientemente extenso para el desarrollo de la intersección tipo trompeta (ver Figura 97 y 98). En el diseño geométrico horizontal de las calzadas primaria y secundaria es recomendable que se realice un trazado provisional de los ramales de enlace con la finalidad de asegurar la ubicación de del alineamiento horizontal de la calzada secundaria y el lugar del entrecruzamiento de las calzadas primaria y secundaria.

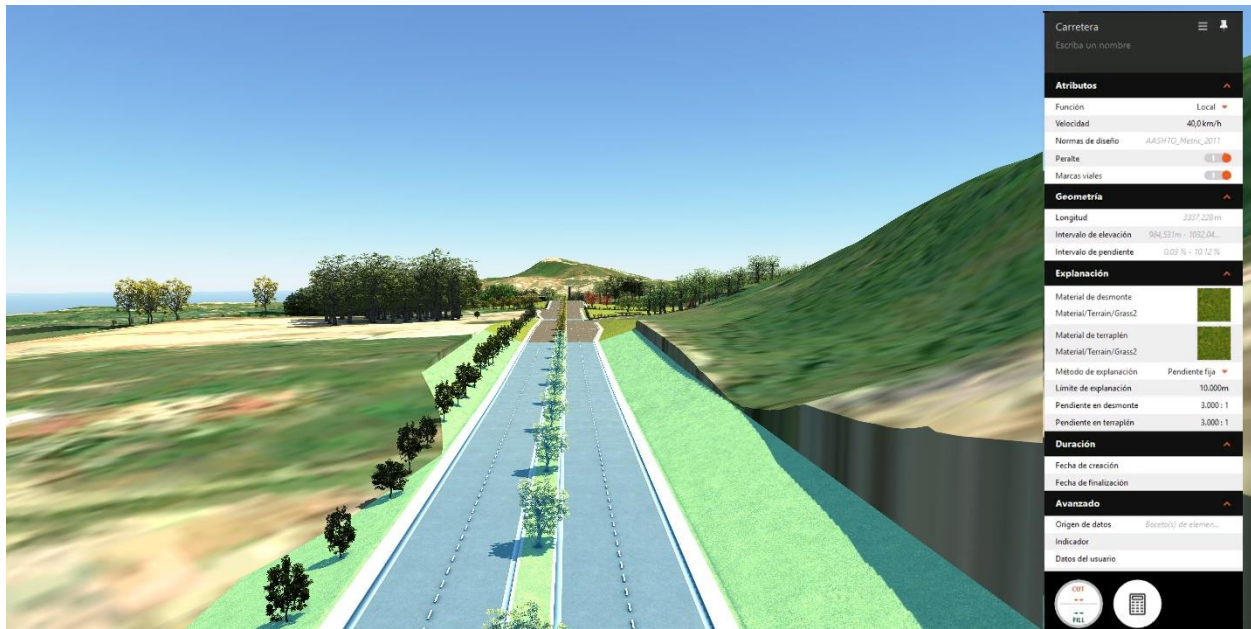


Figura 97. Tramo recto de la calzada principal para la disposición de la intersección tipo trompeta.



Figura 98. Tramo recto de la calzada principal para la disposición de la intersección tipo trompeta.

El proceso continuó con el “diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección” para el cual se utilizó la herramienta automatizada del software

Autodesk Infracore para tal fin (ver Figura 99), con la cual fue posible trazar de manera automática la transición del peralte de las calzadas primarias y secundarias. Se utilizó un bombeo del 2% y demás parámetros del peralte establecidos por el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS. El valor máximo de peralte asignado fue del 6%, sin embargo, debido a que el tramo en el que se dispuso la intersección vial tipo trompeta fue recto este no requirió la asignación del peralte máximo en ninguna parte de su longitud.



Figura 99. Asignación del peralte y bombeo a las calzadas principal y secundaria de la intersección tipo trompeta.

Con el parámetro del peralte asignado a las calzadas primaria y secundaria se prosiguió con el proceso denominado “verificación de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección” el cual consistió en verificar que las longitudes de entre-tangencias asignadas en el diseño horizontal cumplieran con los enunciados en el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS. A continuación, el proceso denominado: “diseño geométrico del alineamiento vertical de las

calzadas principal y secundaria de la intersección” consistió en el trazado y diseño del alineamiento vertical en el que se detallaron las curvas y tangentes verticales (ver Figura 100). Para el desarrollo del diseño vertical se utilizó las vistas 3D y los perfiles automatizados del software Autodesk Infraworks 2020, se destaca en este proceso que se tuvo en cuenta la diferencia de cotas en el entrecruzamiento con lo cual fue posible prever el paso vehicular a desnivel requerido (ver Figura 101).

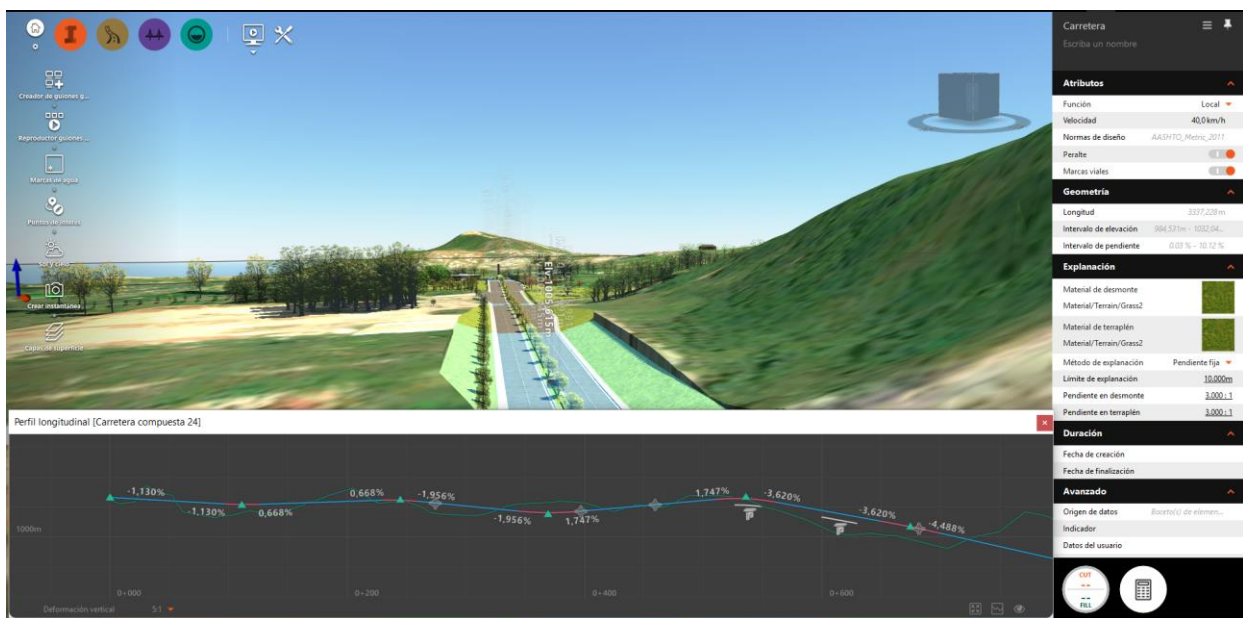


Figura 100. Diseño geométrico del alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección tipo corneta.



Figura 101. Entrecruzamiento de las calzadas primaria y secundaria en la intersección tipo Trompeta.

Con el diseño vertical finalizado, el diseño continuó con el proceso denominado “chequeo geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección” el cual consistió en revisar que las calzadas principal y secundaria cumplieren con lo dispuesto en el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS, actividad que se apoyó de las herramientas automatizadas del software Autodesk InfraWorks 2020 para la revisión de los distintos parámetros del diseño (ver Figura 102), donde se observó una gran utilidad para evitar errores en el diseño permitiendo detectarlos de manera oportuna y ajustándolos para prevenir perdidas y desperfectos al ser detectados en etapas posteriores. Se destaca las bondades de visualización del enfoque BIM que mejoran significativamente los procesos de visualización y ajuste de los diferentes parámetros del diseño geométrico.

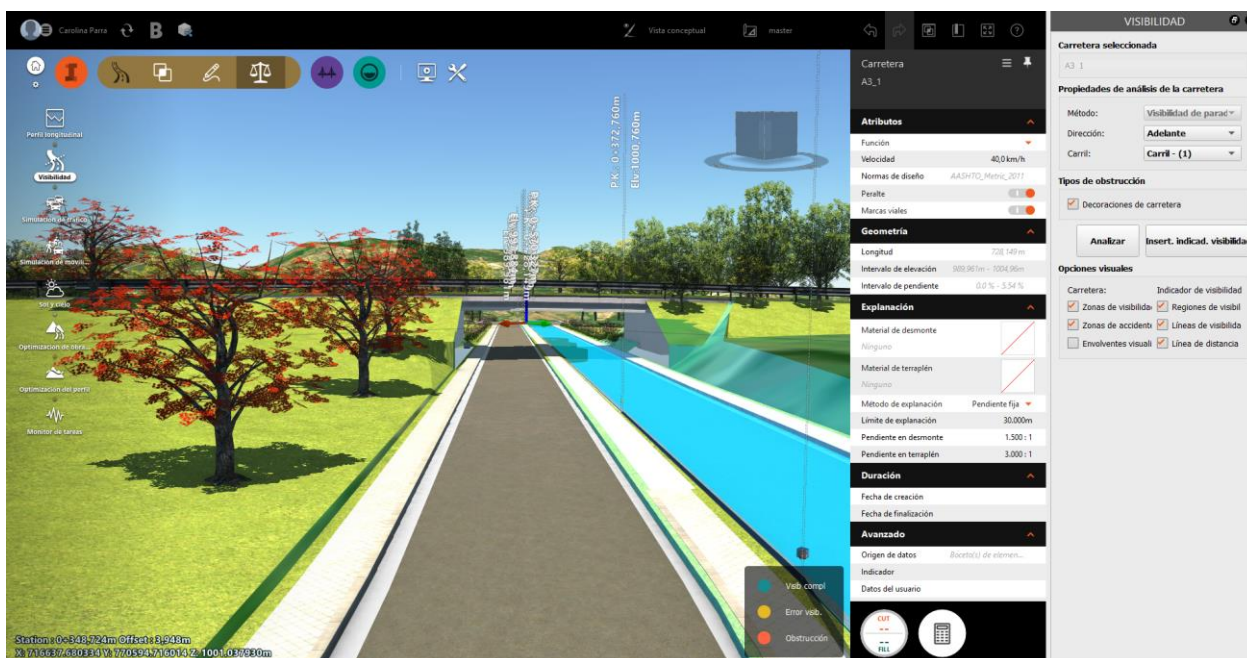


Figura 102. Revisión del diseño geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección vial tipo trompeta.

Una vez verificado el diseño correspondiente a las calzadas primaria y secundaria, se prosiguió con el diseño de los ramales de enlace de la intersección analizada para lo cual se desarrolló el proceso denominado “diseño horizontal de los ramales de enlace” en el cual se asignaron velocidades de diseño (25 kph), radios de curvatura, peraltes y otros (ver Figura 103). Para la disposición de los ramales se siguió el esquema presentado de la intersección vial tipo trompeta presentado por el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS.

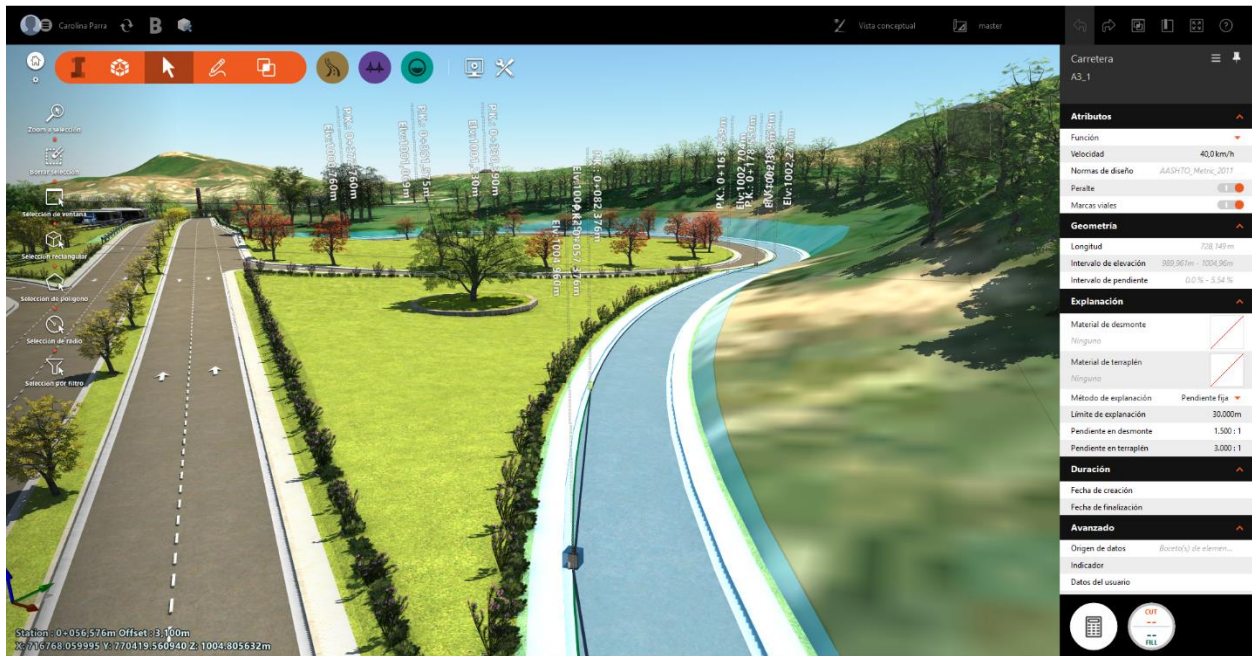


Figura 103. Diseño geométrico horizontal de los ramales de enlace de las calzadas principal y secundaria de la intersección vial tipo Trompeta.

Con el diseño horizontal de los ramales de enlace se procedió al desarrollo de otros procesos como: “caracterización de isletas” y “diseño de la sección transversal de los ramales de enlace”, los cuales fueron realizados de manera similar a los realizados en las calzadas principal y secundaria (ver Figura 104). Con lo cual se prosiguió con el diseño de los carriles de aceleración y desaceleración mediante la realización de los procesos denominados: “caracterización de carriles de aceleración” y “caracterización de carriles de desaceleración”, para lo cual se utilizaron las herramientas automatizadas del software Autodesk Infraworks 2020 dedicadas a tal fin (ver Figuras 105).

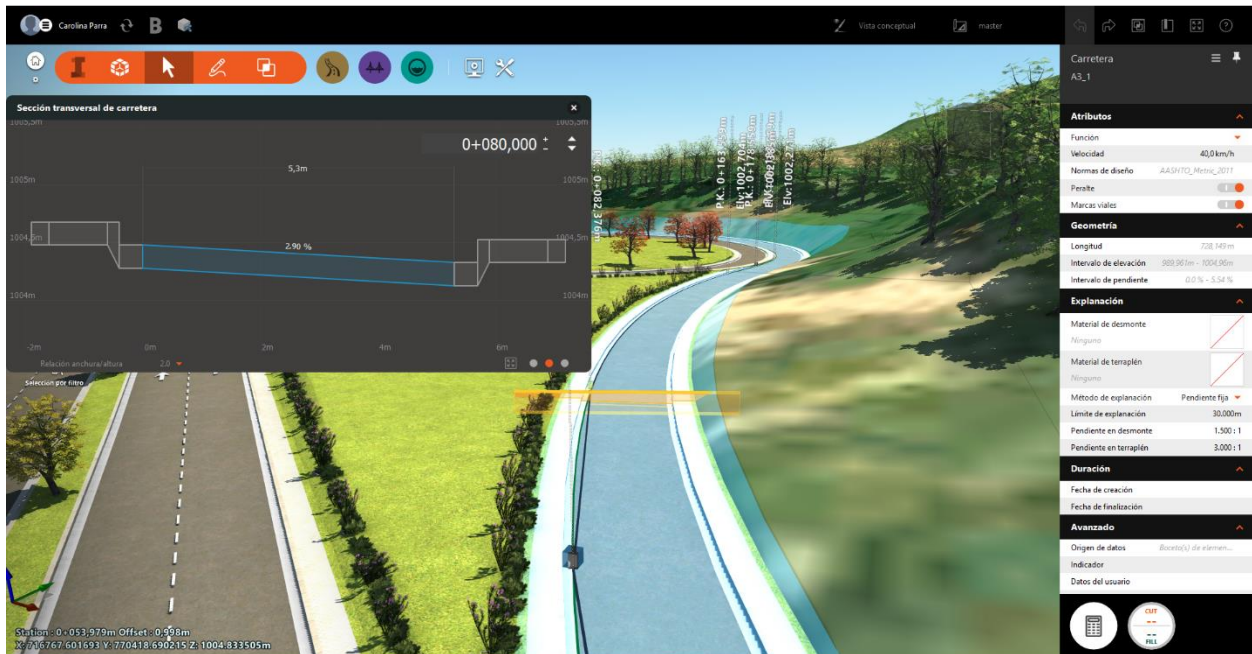


Figura 104. Diseño de la sección transversal de los ramales de enlace de la intersección vial tipo Trompeta.

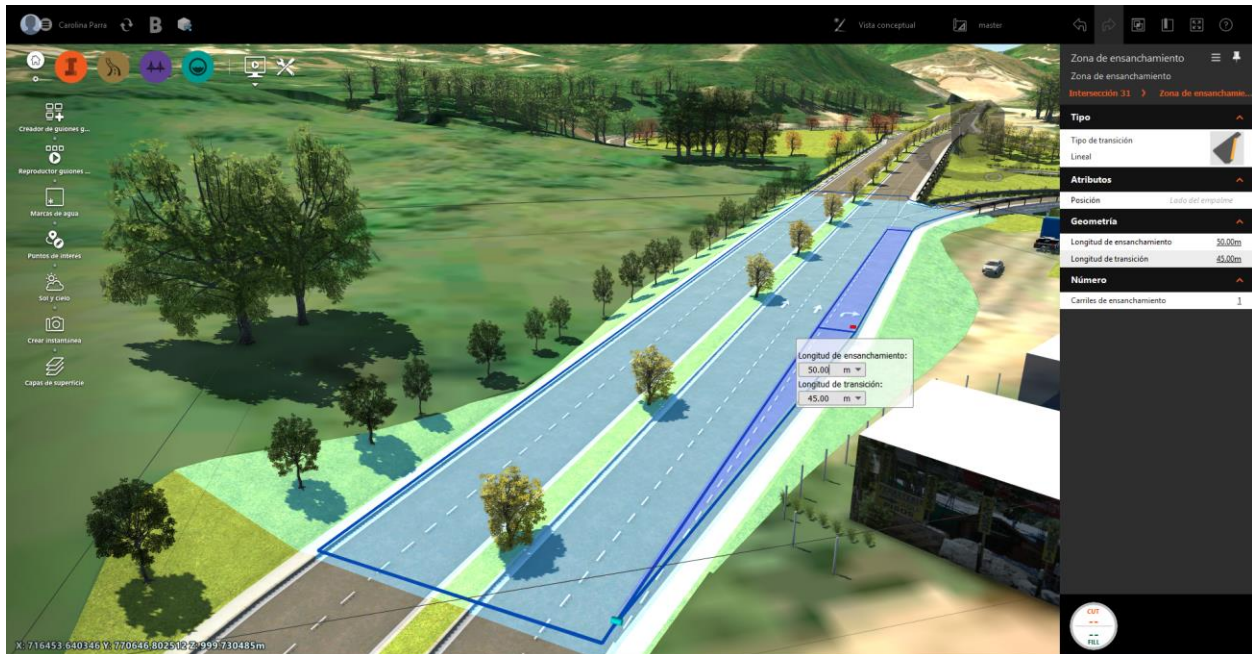


Figura 105. Diseño de la sección transversal de los ramales de enlace de la intersección vial tipo Trompeta.

Con los carriles de aceleración y desaceleración se procedió al “diseño vertical de los ramales de enlace” para lo cual se siguió un proceso similar al desarrollado en las calzadas primaria y secundaria donde se aprovecharon las funciones automatizadas del software para el diseño de curvas y tangentes verticales (ver Figura 106), al igual que para ajustar las cotas de los alineamientos en los puntos inicial y final de tal manera que coincidieran en armonía con el diseño vertical de las calzadas primaria y secundaria.

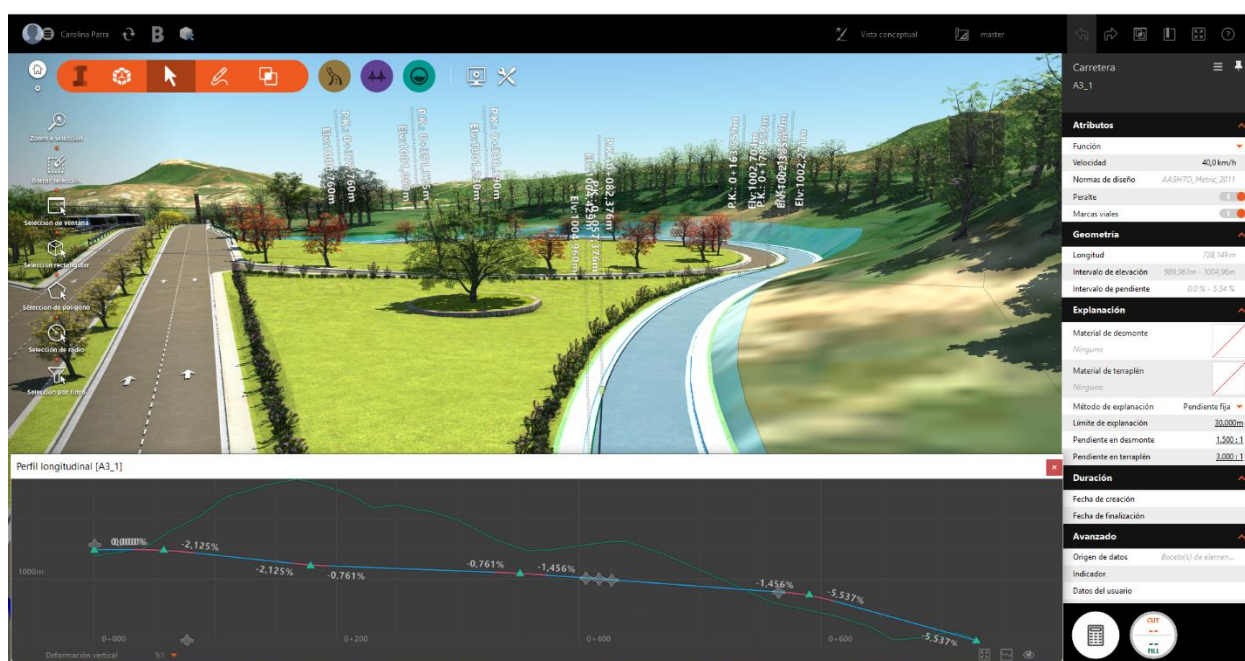


Figura 106. Diseño vertical de los ramales de enlace para la intersección vial tipo Trompeta.

Terminado el diseño vertical de los ramales se prosiguió con el proceso denominado “definición de la transición de peralte de ramales de enlace” en el cual se asignó el peralte y las respectivas longitudes de transición para cada uno de los ramales de enlace dispuestos en el proyecto. Finalizadas las cuestiones del peralte se realizó una revisión general diseño geométrico mediante la ejecución del proceso denominado “consolidación de diseño geométrico revisión y chequeo

normativo INVIAS” para el cual se sometió el modelo BIM obtenido a una revisión con las herramientas automatizadas de Autodesk Infraworks (ver Figura 107). Por otro lado, se realizó una revisión que se fundamentó en un proceso colaborativo en el que los distintos participantes brindaron sus puntos de vista del proyecto (ver Figura 108).

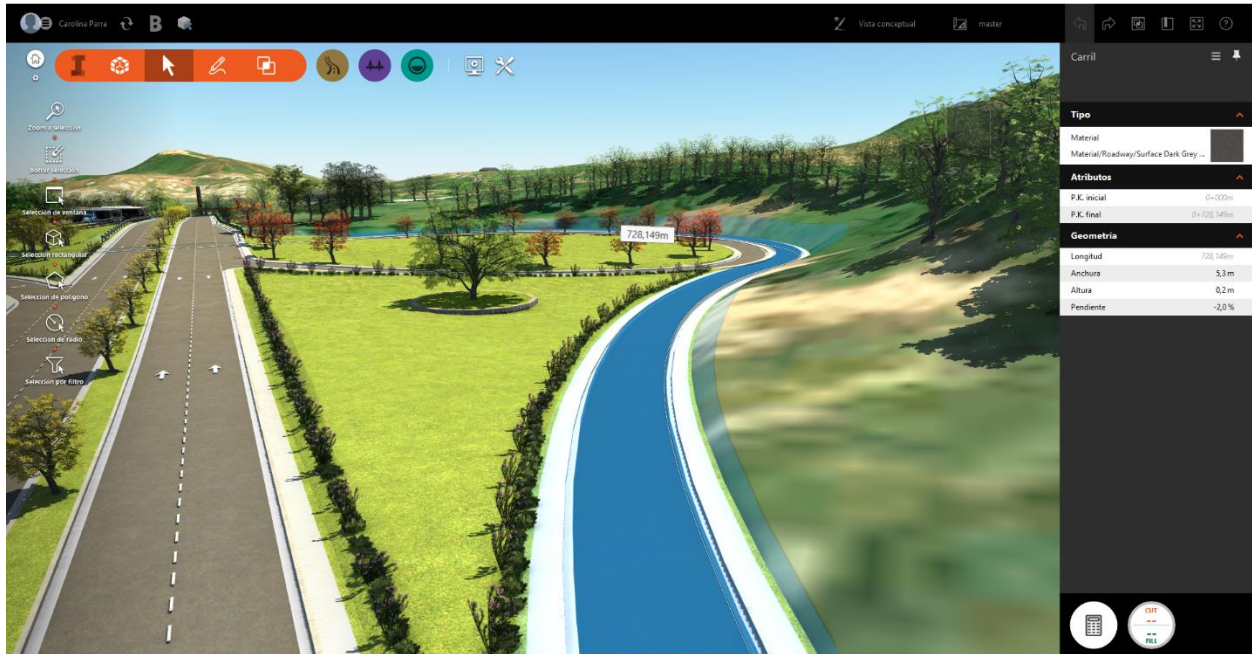


Figura 107. Revisión del diseño geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección vial tipo trompeta.



Figura 108. Revisión del diseño geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección vial tipo trompeta.

Una vez revisado y ajustado el modelo BIM de la intersección se obtuvo el modelo BIM como se muestra en las Figuras 109 a 112, el cual sirvió de plataforma para la simulación digital del tránsito vehicular solicitado en la intersección vial analizada. En la simulación digital del tráfico vehicular se observó un mejor comportamiento de la intersección vehicular tipo Trompeta frente a las opciones analizadas (intersección canalizada a nivel, intersección tipo glorieta a nivel) lo cual permite observar la necesidad de la construcción de una intersección a desnivel. Adicional a lo anterior, el modelo BIM generado es utilizado como base para el desarrollo de los diseños de las disciplinas faltantes, donde es posible vincular herramientas especializadas para cada disciplina como lo son los softwares: Revit, Navisworks, Robot, entre otros con los cuales es posible desarrollar las actividades de diseño de las disciplinas faltantes.



Figura 109. Vista general #1 del modelo BIM de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.



Figura 110. Vista general #2 del modelo BIM de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.

Con el diseño geométrico de la intersección vial tipo Trompeta presentado, fue posible realizar ajustes a la metodología propuesta, los cuales se fundamentaron principalmente en la modificación

del orden establecido para algunos procesos específicos y otros ajustes como la inclusión de información de entrada y salida para algunos procesos. Las modificaciones más significativas estuvieron relacionadas con la adaptación de la metodología propuesta a las necesidades propias del diseño geométrico de las intersecciones viales a nivel canalizadas y tipo glorieta, con lo cual se adaptó la metodología propuesta para que fuese compatible con las intersecciones a nivel. Las modificaciones mencionadas fueron realizadas mediante el ajuste de los mapas de procesos tanto el general como los detallados, al igual que las fichas de características de cada uno de los procesos. Dichos ajustes permitieron calibrar la metodología propuesta al igual que validarla mediante el hecho que la aplicación en un diseño de intersección vial tipo Trompeta conduce a resultados satisfactorios.



Figura 111. Vista general #3 del modelo BIM de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.



Figura 112. Vista general #4 del modelo BIM de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.

1.20.4 Aplicación de la metodología a un proyecto de intersección vial tipo trébol

La segunda intersección vial a desnivel diseñada mediante la aplicación de la metodología de diseño geométrico propuesta consistió en una intersección tipo trébol, para la cual se utilizó la intersección vial formada por los corredores viales de la vía que conduce de la ciudad de Bogotá a la ciudad de Tunja y la vía que conduce del municipio de Sopo, Cundinamarca al municipio de Tocancipa, Cundinamarca (ver Figura 113). Este tipo de intersección se diseñó como tipo trébol tomando en consideración que es una intersección en “X” la cual requiere garantizar elevadas velocidades de operación teniendo cuenta su funcionalidad (80 kph).

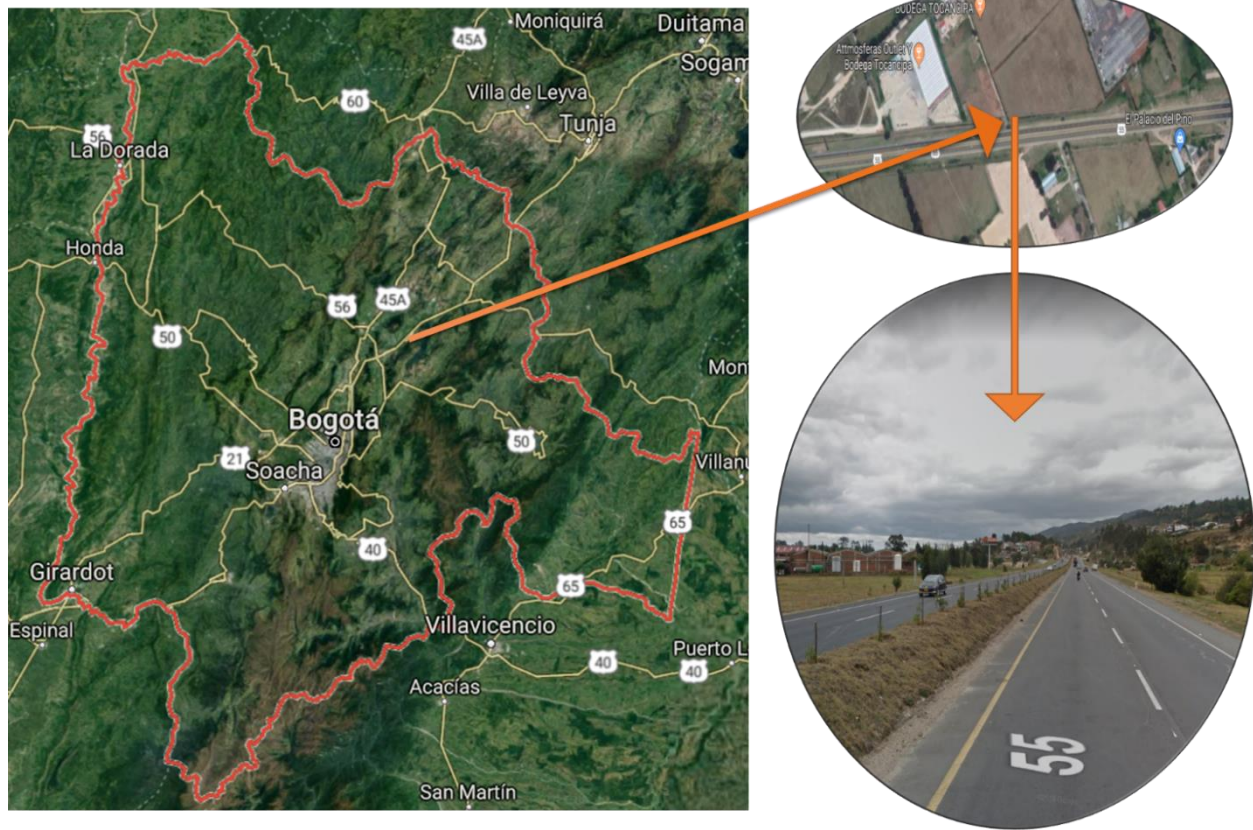


Figura 113. Localización intersección vial tipo trébol.

La intersección vial a desnivel tipo trébol fue diseñada de manera similar a la intersección tipo trompeta, la cual fue presentada en la sección anterior del presente documento, por lo que las Figuras 114 a 132 presentan diferentes momentos del proceso de diseño geométrico.



Figura 114. Modelo BIM de condiciones existentes vs fotografía 2 del sitio de la intersección vial a desnivel tipo trébol.



Figura 115. Modelo BIM de condiciones existentes vs fotografía 2 del sitio de la intersección vial a desnivel tipo trébol.



Figura 116. Modelo BIM de condiciones existentes vs fotografía 2 del sitio de la intersección vial a desnivel tipo trompeta.



Figura 117. Modelo BIM de condiciones existentes vs fotografía 2 del sitio de la intersección vial a desnivel tipo trébol.



Figura 118. Diseño geométrico horizontal de las calzadas primaria y secundaria de la intersección vial tipo trébol.



Figura 119. Diseño geométrico vertical de las calzadas primaria y secundaria de la intersección vial tipo trébol.



Figura 120. Revisión del diseño geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección vial tipo trébol.

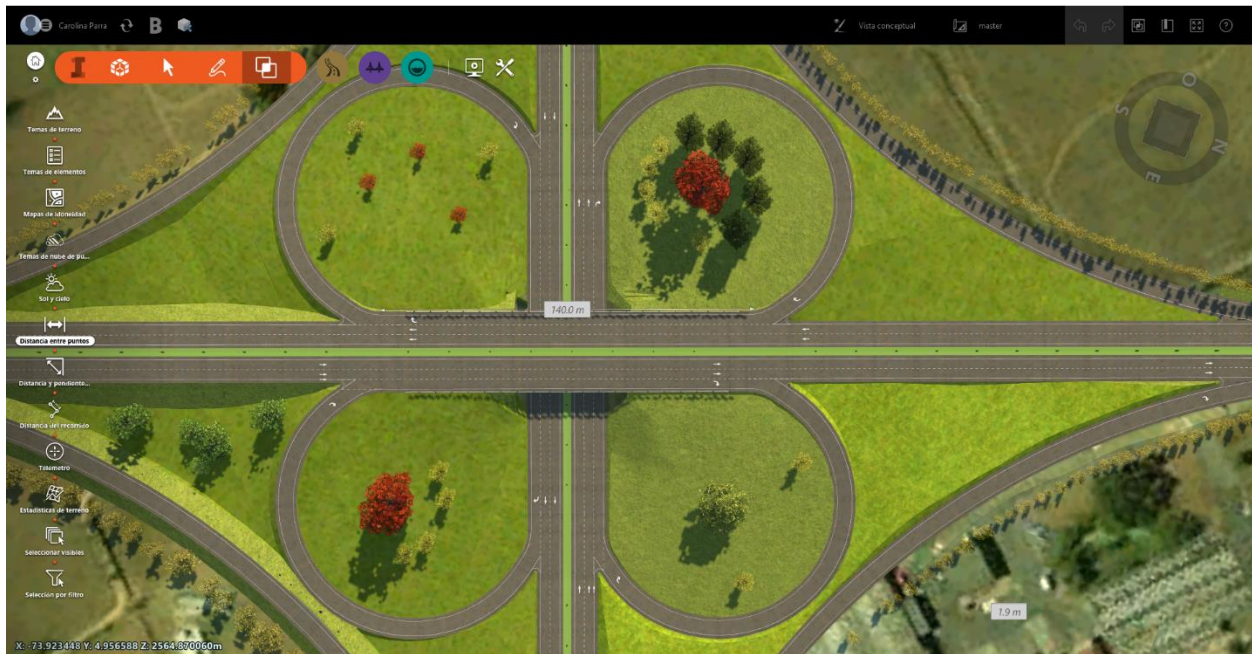


Figura 121. Revisión del diseño geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección vial tipo trébol.

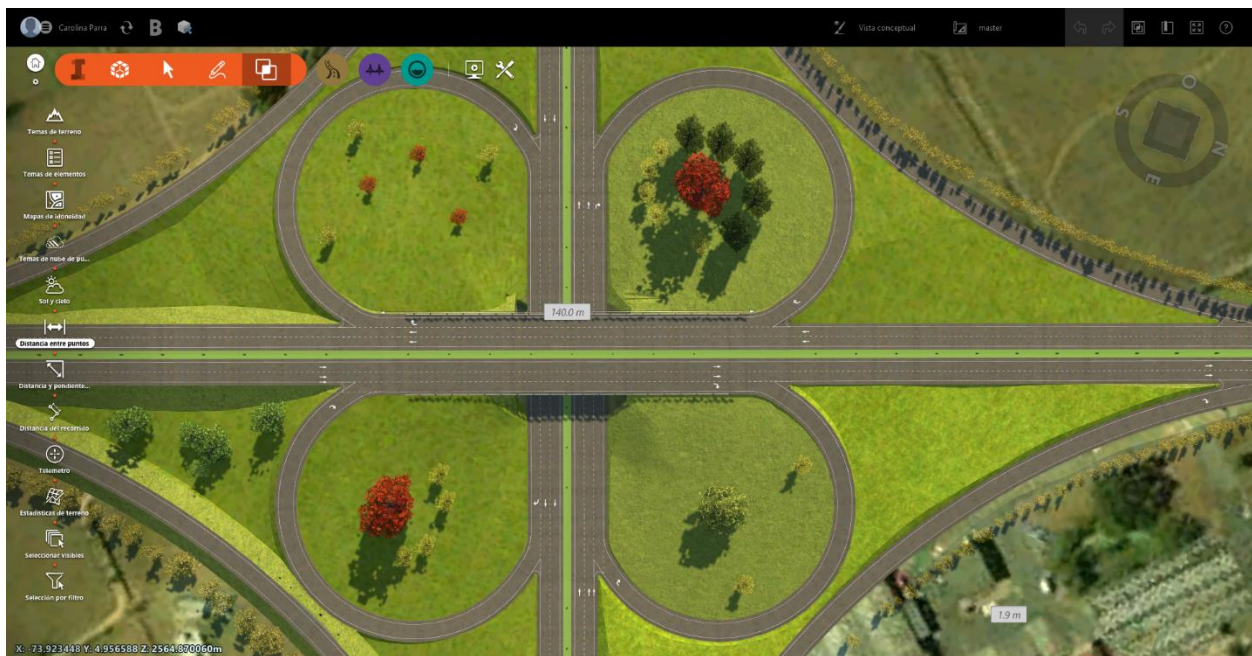


Figura 122. Revisión del diseño geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección vial tipo trébol.



Figura 123. Revisión del diseño geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección vial tipo trébol.



Figura 124. Diseño geométrico horizontal de los ramales de enlace de la intersección vial tipo trébol.



Figura 125. Diseño geométrico horizontal de los ramales de enlace de la intersección vial tipo trébol.



Figura 126. Diseño geométrico vertical de los ramales de enlace de la intersección vial tipo trébol.

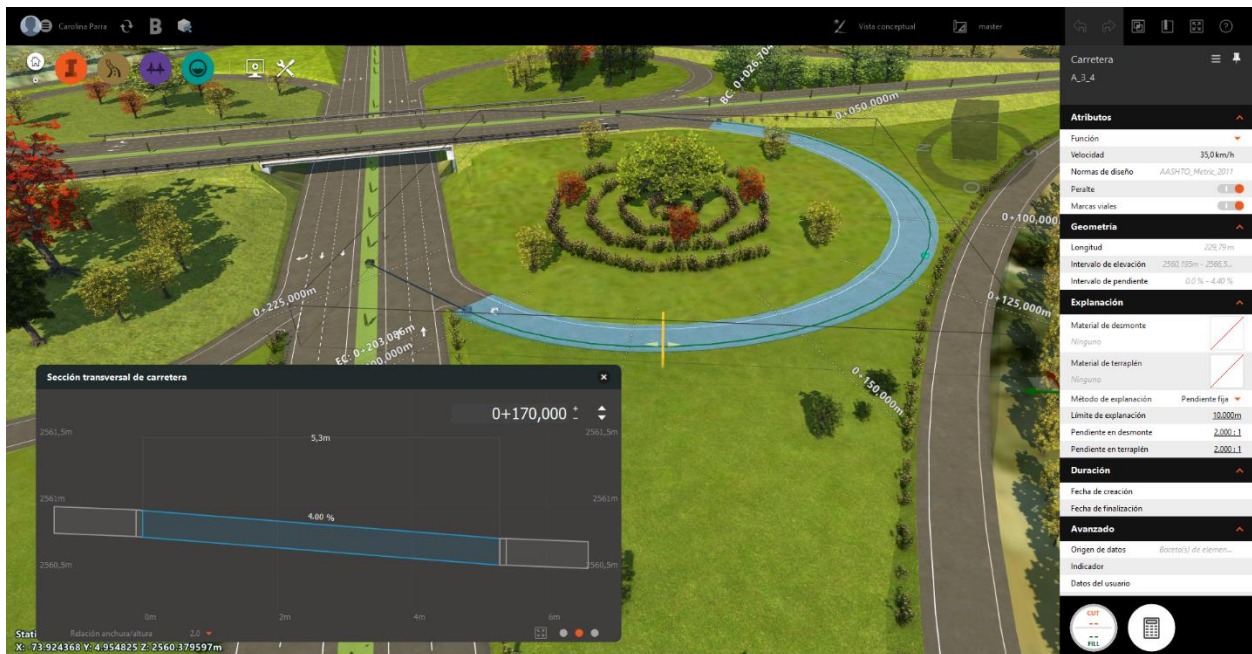


Figura 127. Diseño geométrico de peralte y transición para los ramales de enlace de la intersección vial tipo trébol.

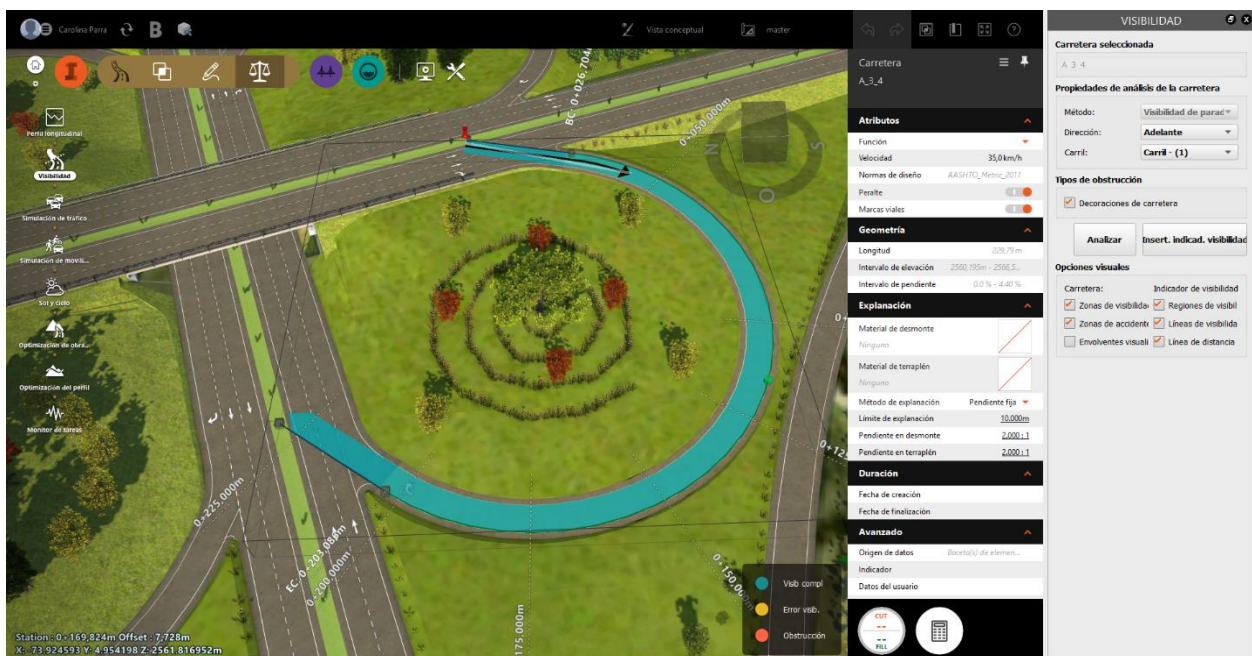


Figura 128. Revisión del diseño geométrico de los ramales de enlace de la intersección vial tipo trébol.



Figura 129. Vista general #1 del modelo BIM de la intersección vial a desnivel tipo trébol.

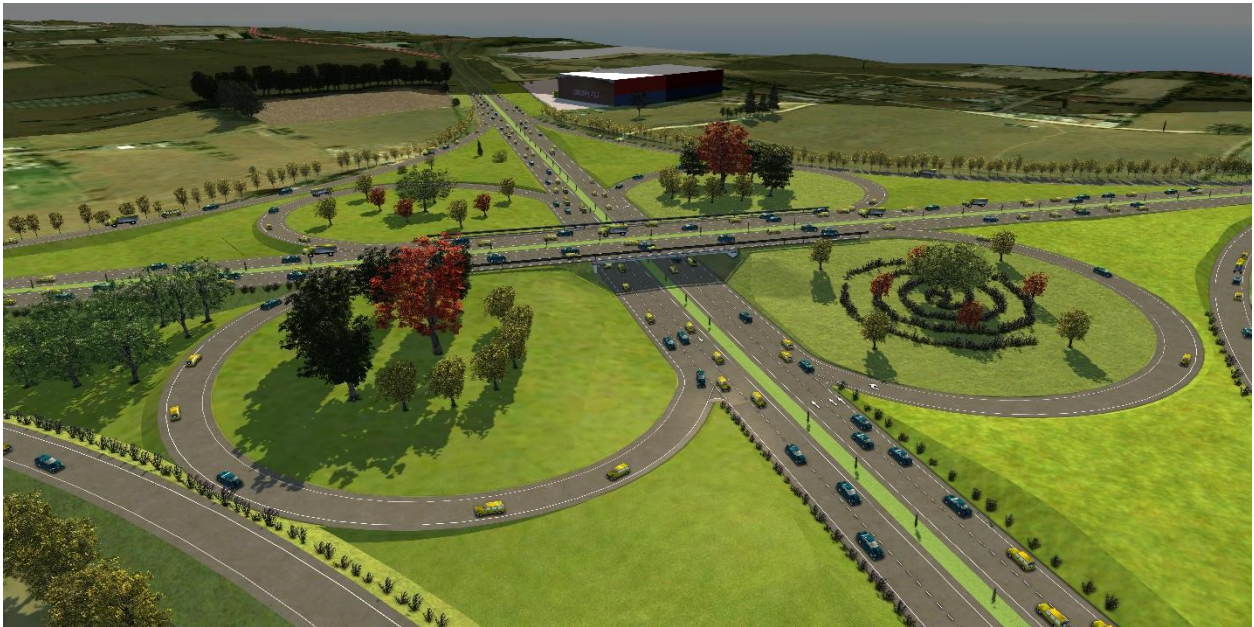


Figura 130. Vista general #2 del modelo BIM de la intersección vial a desnivel tipo trébol.



Figura 131. Vista general #3 del modelo BIM de la intersección vial a desnivel tipo trébol.



Figura 132. Vista general #4 del modelo BIM de la intersección vial a desnivel tipo trébol.

1.20.5 Colaboración y análisis de la intervención en los proyectos de estudio

En el desarrollo del diseño geométrico de las intersecciones viales a desnivel tipo Trébol y Trompeta (ver secciones 4.6.3 y 4.6.4) fue posible observar notables ventajas en cuanto a los flujos de trabajo colaborativo, que se fundamentaron en la disposición de ambientes de comunicación abierta entre los participantes del proyecto. Ambientes que permitieron la mitigación de cambios y errores del diseño mediante el análisis automatizado del modelo BIM del diseño geométrico, por un lado, con herramientas BIM especializadas, y el por otro lado, mediante la revisión y verificación multidisciplinaria por parte de los participantes del proyecto.

Es de destacar que los flujos de trabajo colaborativo están alineados con los principios del método IPD, donde se procura la participación colaborativa de los involucrados en el proyecto con la finalidad de optimizar y mejorar diferentes cuestiones del proyecto para reducir tiempos de entrega y eliminar pérdidas de los proyectos, lo cual se interrelaciona con la filosofía de reducción de pérdidas Lean Construction. En las figuras 133 a 147 se muestran diferentes momentos de los procesos de colaboración experimentados durante la validación de la metodología de diseño geométrico propuesta. Lo anterior, permite evidenciar la compatibilidad de la metodología de diseño geométrico propuesta con los principios del método IPD y la filosofía Lean Construction, por lo tanto se logran integrar los tres conceptos analizados con la presente investigación: BIM, IPD y Lean Construction.

En el aspecto de colaboración, se estudiaron, analizaron y realizaron distintos flujos de trabajo colaborativo con el profesor Omar Sánchez quien se encuentra desarrollando su proyecto de tesis doctoral y actuó como codirector de la presente investigación, además tomo parte como uno de los participantes del equipo de diseño en los casos de estudio analizados. Casos de estudio donde fue posible explorar varias funcionalidades de colaboración BIM las cuales tienen un carácter

emergente, por lo que es difícil para una organización encontrar personal con conocimientos para obtener el máximo provecho de la implementación de BIM en el diseño de intersecciones viales. Por lo anterior, se recomienda que las organizaciones que decidan implementar BIM en el diseño geométrico de intersecciones viales realicen procesos de capacitación del personal, donde se pueda exponer a los equipos de trabajo las diferentes opciones con la finalidad de obtener el máximo beneficio de la implementación.



Figura 133. Creación de vistas compartidas para el intercambio y comunicación de información y cuestiones de diseño en la plataforma Autodesk BIM 360.

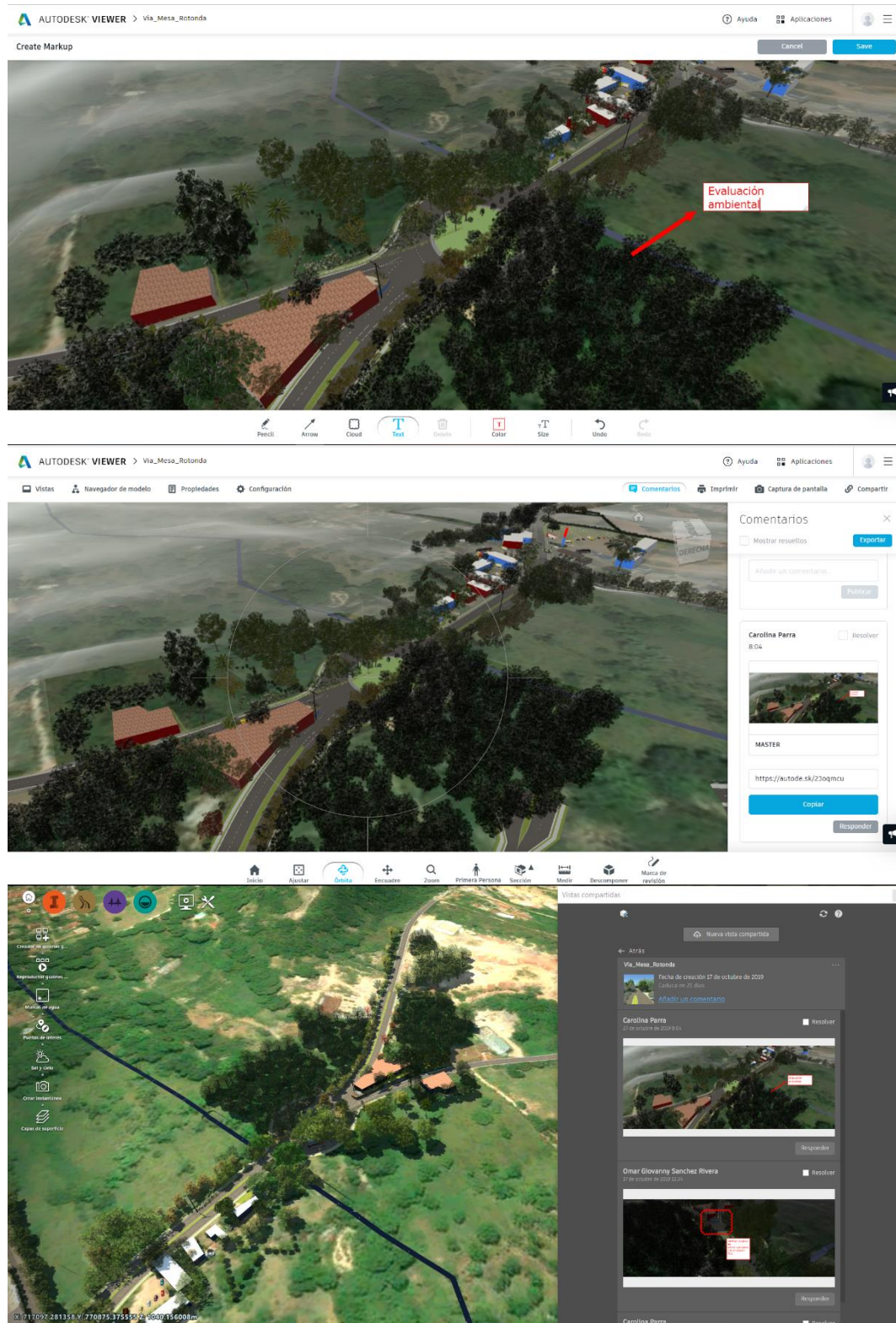


Figura 134. Creación de observaciones desde la plataforma Autodesk BIM 360 y la visualización en tiempo real en el archivo raíz del proyecto



Figura 135. Cadena de procesos para el trabajo colaborativo con profesional estructural desde Infraworks- plataforma Autodesk BIM 360 -Revit-Robot



Figura 136. Vista en planta de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada tipo glorieta durante el proceso de diseño



Figura 137. Vista 3D de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada tipo glorieta durante el proceso de diseño dirección N/O



Figura 138. Vista 3D de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada tipo glorieta durante el proceso de diseño dirección S/E



Figura 139. Vista en planta de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada intersección tipo canalizada durante el proceso de diseño



Figura 140. Vista 3D de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada intersección tipo canalizada durante el proceso de diseño dirección N/O



Figura 141. Vista 3D de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada intersección tipo canalizada durante el proceso de diseño dirección S/O



Figura 142. Vista en planta de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada intersección tipo trompeta durante el proceso de diseño



Figura 143. Vista 3D de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada intersección tipo trompeta durante el proceso de diseño dirección N/E



Figura 144. Vista 3D de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada intersección tipo trompeta durante el proceso de diseño dirección N/O

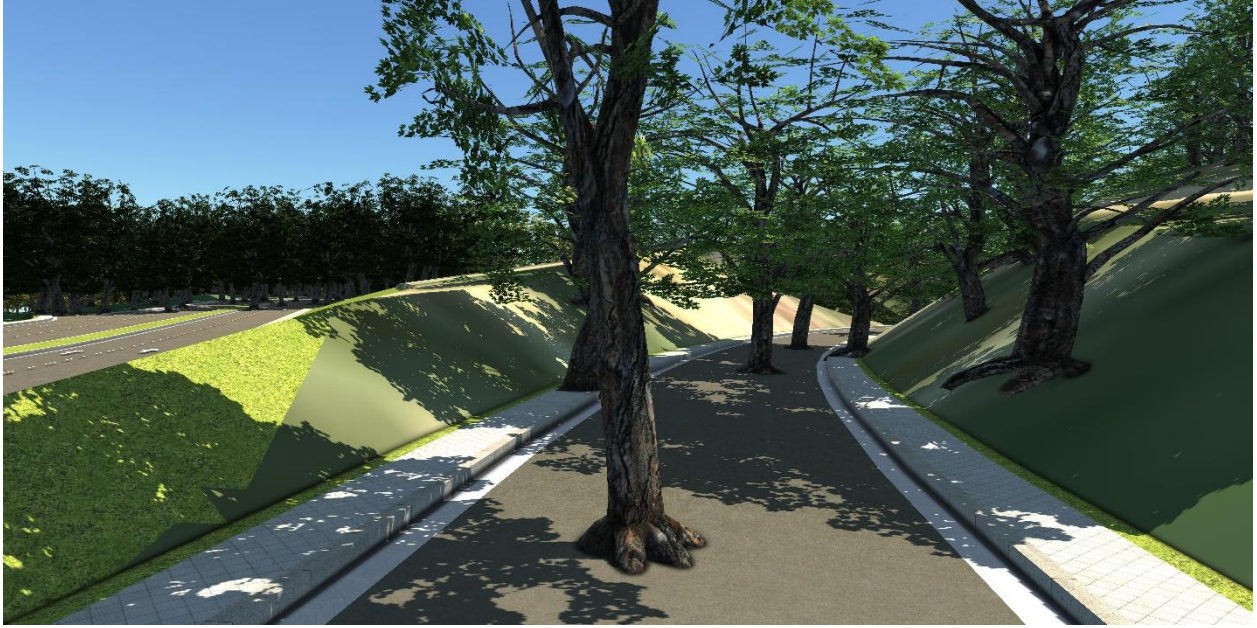


Figura 145. Vista 3D de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada intersección tipo trompeta durante el proceso de diseño del ramal en dirección N/O



Figura 146. Vista en planta de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada intersección tipo trébol durante el proceso de diseño

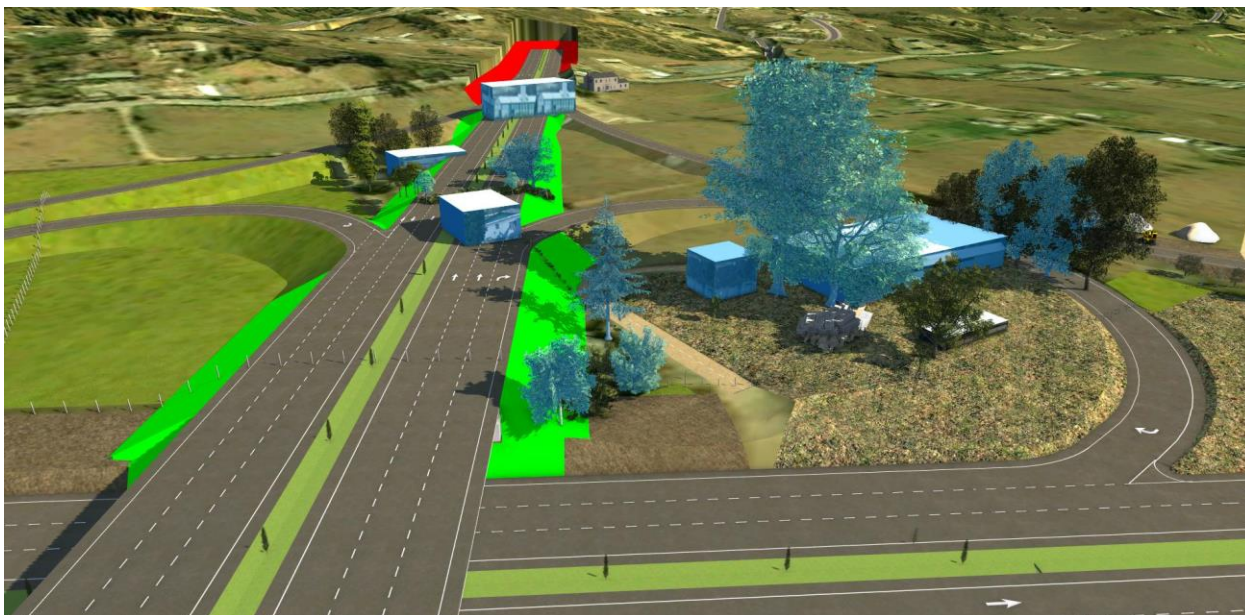


Figura 147. Vista 3D de la afectación identificada entre el entorno existente y la solución proyectada intersección tipo trébol durante el proceso de diseño

1.20.6 Metodología propuesta vs la metodología tradicional

Como etapa final del proceso de validación y calibración de la metodología propuesta se realizó una comparación entre la metodología tradicional y la propuesta. Donde la metodología tradicional se caracteriza por dibujos en dos dimensiones y la aplicación del software Autodesk Civil 3D. Para la comparación se realizó el diseño de la intersección tipo Trébol en el software Autodesk Civil 3D 2020 para el cual se utilizaron los mismos parámetros de diseño que en el diseño desarrollado con la metodología BIM con lo cual se pudo observar las dificultades de la metodología tradicional para realizar el diseño de intersecciones a desnivel sustentadas principalmente por la falta de funcionalidades de visualización y la falta de posibilidades para el desarrollo de flujos de trabajo colaborativo que permitiesen una mayor eficiencia y la detección de errores y otras cuestiones del diseño.

Las Figuras 148 a 150 muestran algunos de los resultados de la aplicación tanto de la metodología tradicional como la metodología propuesta. Realizando la comparación entre los dos resultados se observó que la variación se presentó principalmente en algunos de los parámetros del diseño geométrico que hacen parte de los criterios aplicados por el diseñador en los procesos de diseño geométrico, sin embargo, se pudo verificar que la metodología propuesta conduce a resultados acordes a los requerimientos del diseño geométrico de una intersección vial a desnivel obteniendo mayores beneficios con respecto a la metodología tradicional de diseño geométrico que están relacionados aspectos tales como: colaboración, comunicación, automatización, visualización, integración con las demás disciplinas de diseño, detección y ajustes de cuestiones de diseño, evaluación del impacto ambiental del proyecto, cálculo de cantidades de obra, análisis y optimización mediante la simulación digital, entre otros.



Figura 148. Perfil longitudinal de la metodología propuesta con modelo BIM vs perfil longitudinal de la metodología tradicional AutoCAD Civil 3D

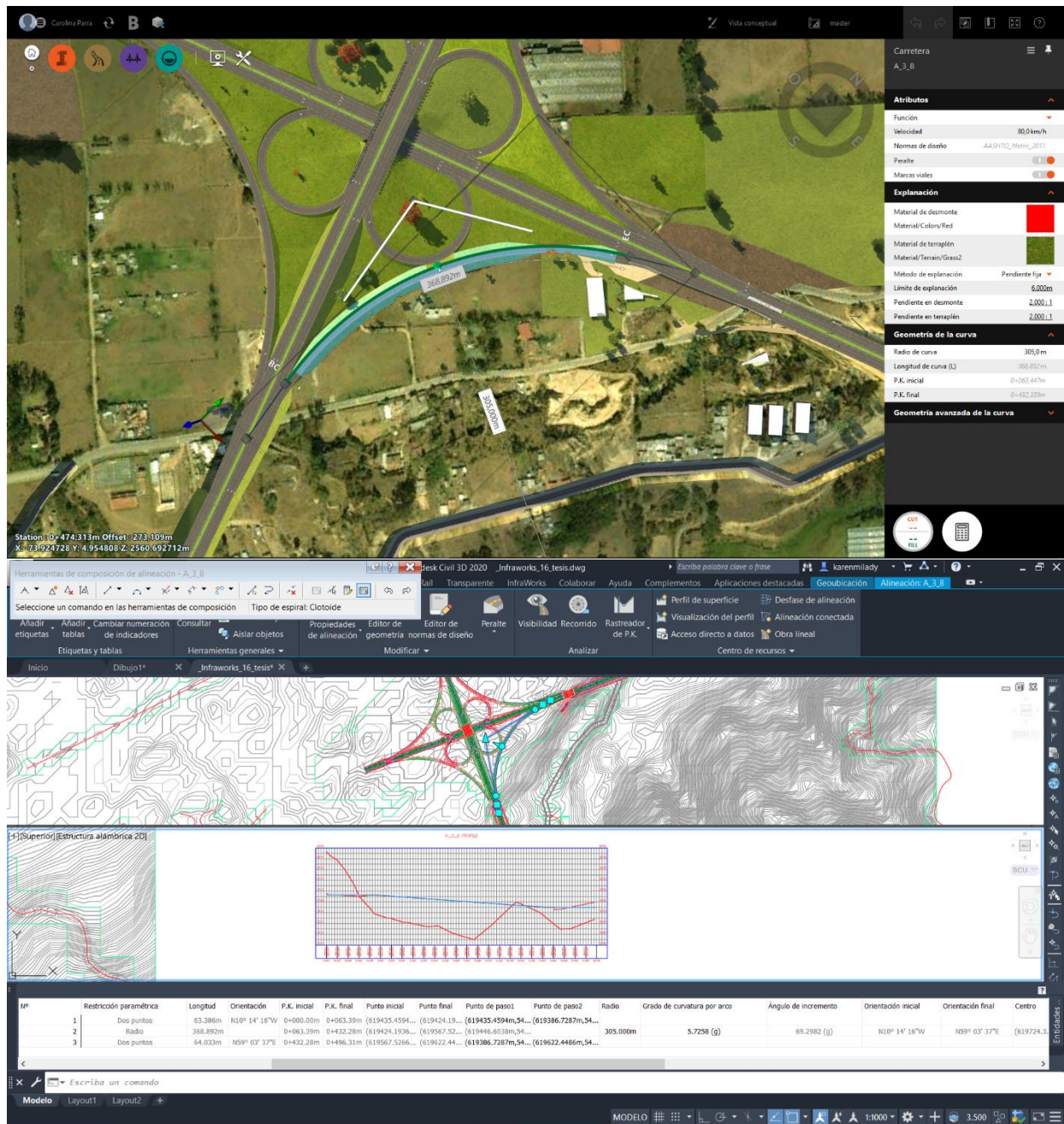


Figura 149. Propiedades de la curva según la metodología propuesta con modelo BIM vs propiedades de la curva según la metodología tradicional AutoCAD Civil 3D

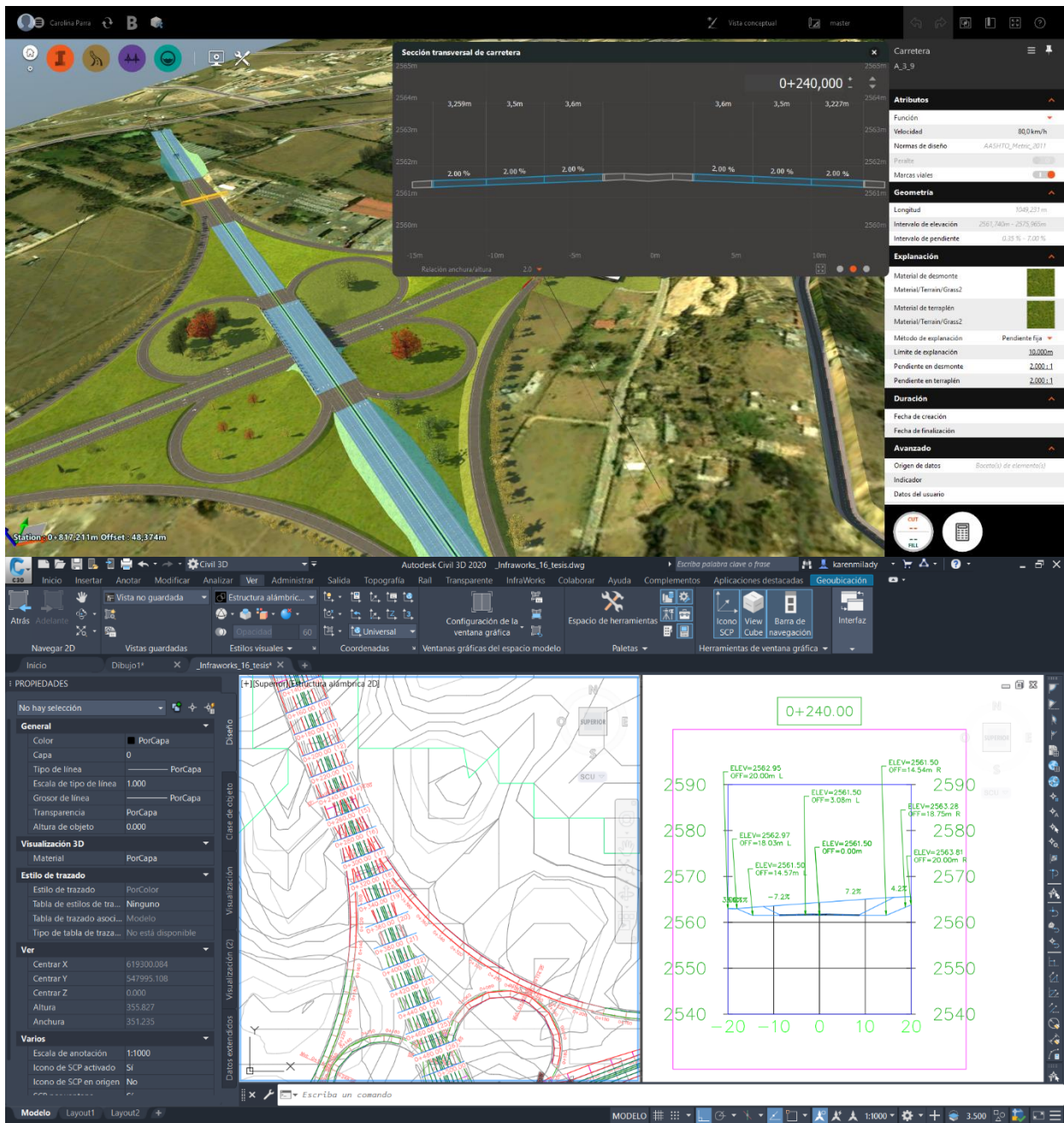


Figura 150. Sección transversal del ramal según la metodología propuesta con modelo BIM vs sección transversal del ramal según la metodología tradicional AutoCAD Civil 3D

Conclusiones

1.21 Conclusiones

La presente investigación se enfocó en la propuesta de una metodología para el diseño geométrico de intersecciones viales a desnivel a partir de la implementación de BIM, IPD y Lean Construction. La metodología de investigación llevada a cabo se fundamentó en seis etapas principales: 1) caracterización de la metodología de diseño geométrico tradicional, 2) implementación BIM, 3) implementación Lean Construction, 4) implementación Integrated Project Delivery, 5) caracterización de la metodología, y 6) validación y calibración. Como resultado se presenta una metodología compuesta por 28 procesos, los cuales fueron detallados mediante la elaboración de un conjunto de fichas de características y mapas de procesos mostrados en la sección 4 del presente documento. La metodología propuesta puede ser aplicada a un proyecto de intersección a desnivel la cual según el proceso de validación funciona para intersecciones tipo: trébol, corneta, glorieta a desnivel, sin embargo, dicha metodología podría ser aplicada a otros tipos de intersecciones a desnivel o incluso intersecciones a nivel, se destaca la integración de las herramientas Lean Construction tales como: Visual Management, Big Room y Value Stream Mapping al igual que los principios del método IPD. Lo cual es integrado a los usos BIM que permiten mejorar los distintos procesos que componen el diseño geométrico. Como resultado destacado se evidencia que la metodología de diseño geométrico propuesta permite la mitigación de cambios y errores del

diseño, los cual puede prevenir fenómenos indeseados tales como: retrasos, sobrecostos, disputas, problemas de calidad, entre otros.

Los hallazgos muestran que la implementación de BIM en los procesos de diseño geométrico de intersecciones a desnivel permiten la automatización y mejoramiento de las actividades, tomando como punto de partida los diferentes usos que permiten abarcar diferentes disciplinas del diseño, además de funciones como: colaboración, integración, visualización, entre otros. Con BIM el diseño geométrico pasa a ser parte de un proceso integrado, dejando de ser un conjunto de procesos aislados de las demás disciplinas de diseño, lo cual es característico de la metodología de diseño tradicional en la cual cada equipo de diseño elabora su propio modelo con información suministrada por los demás equipos en un momento determinado, lo cual podría resultar en pérdidas y errores de diseño por motivo a que a los cambios de las demás disciplinas del proyecto no se comunican en tiempo real y así cada equipo de diseño no partiría de la versión más reciente producida por los demás equipos de diseño.

El proceso de diseño geométrico integrado con las demás disciplinas de diseño logrado mediante la implementación de BIM propicia la aplicación de los principios de colaboración del método IPD y la implementación de las herramientas Lean Construction, con lo cual es posible mejorar significativamente diferentes cuestiones del proyecto relacionadas con: errores y cambios de diseño, calidad del diseño, incompatibilidades entre disciplinas, requerimientos de información, afectación ambiental y predial, optimización del proyecto, evaluación de alternativas de diseño, aspectos de funcionalidad, prevención de accidentes y catástrofes naturales, interacción del proyecto con el entorno, retrasos, automatización del diseño, estimación de costos, planificación de obra, integración de participantes clave en etapas tempranas de los proyectos, visualización, entre otros. Por lo anterior, resulta de gran viabilidad la implementación de BIM a los procesos de

diseño geométrico de intersecciones a desnivel por parte de las organizaciones de la industria de la construcción a pesar que tal acción requiera esfuerzos enfocados a: capacitación del personal, inversiones económicas en la adquisición de equipos y licencias, contratación de expertos BIM, cambios organizacionales, modificaciones a la gestión de archivos y personas y otros.

La automatización proporcionada por la implementación de BIM al diseño geométrico permite la rápida exploración y evaluación de diferentes alternativas de diseño, con lo cual es posible mejorar los procesos de toma de decisiones mediante la selección multidisciplinaria, en donde la visualización y herramientas de simulación del enfoque BIM permiten un mejor entendimiento de las características del proyecto por parte de los Stakeholders, lo cual permite obtener los puntos de vista de los diferentes integrantes del proyecto para evitar situaciones indeseadas como: retrasos, sobre costos, errores de diseño, inconsistencias, incompatibilidades, diseños con falencias de seguridad, entre otros.

La colaboración inducida por la implementación de la metodología BIM a través de la aplicación BIM 360 permite una mayor flexibilidad en el desarrollo del diseño de un proyecto vial, lo cual es logrado mediante la posibilidad de trabajar en los modelos BIM de manera simultánea con los demás profesionales del proyecto, esto permite agilizar el desarrollo de las diferentes actividades del diseño y propender por flujos de comunicación fundamentados en flujos de información en tiempo real, lo cual permite la puesta en práctica de los principios del método IPD donde la colaboración resulta indispensable para optimizar diferentes cuestiones relacionadas con el proyecto y monitorear el avance de las demás disciplinas del proyecto. Se destaca la posibilidad de acceder al modelo del proyecto a través de dispositivos inteligentes con conexión a internet que permiten a los participantes interactuar con el modelo y enviar comunicaciones a los demás participantes, lo cual facilita el proceso de revisión de los involucrados en el proyecto.

La herramienta Visual Management resulta indispensable para el mejoramiento de los procesos de diseño geométrico de intersecciones viales, esto tomando en consideración que la visualización detallada de las diferentes cuestiones por parte de los equipos de trabajo permite realizar los ajustes en momentos tempranos del proyecto en forma participativa, mitigando así diferentes aspectos que podrían conllevar a consecuencias indeseadas relacionadas con cambios y errores. Por otro lado, la gestión visual propicia la aplicación de los principios IPD de colaboración e integración de participantes clave en etapas tempranas del proyecto, lo cual es logrado mediante la aplicación de la gestión visual en las reuniones tipo Big-Room en las que el enfoque BIM resulta ideal para la visualización de los diferentes elementos del proyecto por parte de los diferentes profesiones, los cuales podrán aportar desde sus diferentes conocimientos y experiencias en procura de generar una cultura de mejoramiento continuo que beneficia el aumento de la calidad del diseño de la intersección analizada.

En esta investigación se evidenció un carácter emergente de la adopción de BIM en los proyectos de infraestructura vial, esto considerando que la mayoría de los estudios revisados en la presente investigación datan de los últimos 5 años, en los cuales se observa un carácter exploratorio y teórico de las posibilidades de la adopción de BIM en industria vial. Esto a diferencia de la industria de la edificación en la cual se observan notables desarrollos y usos BIM enfocados en satisfacer los requerimientos propios de los proyectos, los cuales poseen el potencial para ser aplicados en los proyectos viales.

En el caso colombiano la mayoría de los proyectos viales pertenecen al estado, por lo que el marco legal existente de contratación puede hacer compleja la implementación del método IPD, tomando en consideración que se requiere que el constructor y proveedores participen en las etapas tempranas del proyecto. Dicha situación podría ser abordada mediante la aplicación de

asociaciones público – privadas, sin embargo, es recomendable que se realicen mayores estudios que contemplen la modificación del marco legal de contratación colombiano de tal manera que sea posible emprender proyectos estatales con la aplicación del método IPD, esto con la finalidad de obtener los beneficios del método los cuales permitirían afrontar problemáticas que han permanecido a lo largo del tiempo en los proyectos viales.

La automatización proporcionada por el enfoque BIM y el software Autodesk Infraworks 2020 permitió observar notables beneficios en las actividades del diseño geométrico de vías, los cuales se sustentan principalmente en la visualización y actualización automática de los cambios de parámetros del diseño, en los cuales es posible para el diseñador evaluar y asignar valores acordes con las necesidades del proyecto, procurando realizar la mejor configuración de los elementos del proyecto para una óptima funcionalidad. Los notables beneficios hacen posible que profesionales de diferentes disciplinas del diseño geométrico logren un mejor entendimiento del proyecto con los que les es posible obtener retroalimentaciones que mejoran la relación del diseño geométrico con otras disciplinas de diseño. Adicional a esto, la visualización detallada mejora de forma significativa el cumplimiento de los diferentes aspectos normativos del diseño geométrico donde a partir de inspecciones visuales es posible detectar falencias en: radios, entre tangencias, longitudes de transición, longitudes de curvas y tangentes verticales, pendientes transversales y longitudinales, entre otros, lo cual sumado a las herramientas de análisis del software Autodesk Infraworks permite la detección y ajuste de diferentes cuestiones del diseño geométrico permitiendo así la mitigación de dichos errores en etapas tempranas del proyecto y su vez previniendo cambios y errores del diseño lo cual permite mitigar perdidas en el proyecto, procesos de re-trabajo y desperfectos en el proyecto, con lo cual la metodología propuesta cumple con la

finalidad para la cual se encuentra diseñada, que consiste en mitigar cambios y errores del diseño geométrico.

Una de las ventajas observadas del software Autodesk Inroadworks 2020 es la posibilidad de intercomunicación con el software Autodesk Civil 3D, lo cual permite apoyar el proceso de documentación 2D del diseño, documentación que es generada a partir de procesos automatizados en el cual modelo BIM desarrollado en Inroadworks es exportado al software Civil 3D conservando la información contenida en el modelo BIM necesaria para el desarrollo de la documentación. A pesar de lo anterior, el modelo BIM de diseño geométrico desarrollado con la metodología propuesta podría ser utilizado en el sitio del proyecto de construcción como documentación de diseño, esto tomando en consideración el alto grado de detalle con el que es posible desarrollar el modelo.

Se observó que las simulaciones digitales proporcionadas por BIM relacionadas a las actividades del diseño geométrico hacen posible una mejor identificación de las necesidades de señalización y elementos de seguridad requeridos para el aumento de la seguridad de la operación del proyecto, en la simulación del tránsito vehicular es posible visualizar necesidades del uso de señales de tránsito y marcas viales para la regulación del uso de los distintos carriles dispuestos. Lo anterior reforzado por las herramientas automatizadas del software Autodesk Inroadworks 2020 para el análisis de distancias de parada, adelantamiento y cruce.

Las diferentes alternativas propuestas a lo largo de la metodología desarrollada y dentro de las cuales se encuentran las alternativas seleccionadas presentan análisis complementarios a la simulación del tránsito vehicular, con el fin de ser usadas como apoyo en la toma de decisiones en la planificación y diseño de intersecciones a desnivel al igual que la verificación de la funcionalidad vial, tal como lo es el análisis de los niveles de servicio, siendo posible corroborar

que no solo se presente una mejoría en la simulación del tránsito vehicular en de alternativas propuestas sino que los niveles de servicios prestados por la intersección seleccionada sean los adecuados durante el tiempo de vida útil del proyecto.

Los usos del modelo BIM relacionados con la estimación de cantidades de obra y costos del proyecto de construcción hacen posible la obtención de estimaciones de costos que permiten a los diseñadores la evaluación de diferentes alternativas de diseño en función de la búsqueda de la solución con mayor relación costo - beneficio, lo cual hace posible emprender el proyecto sin incurrir en riesgos de la no disponibilidad de recursos financieros que comprometan la continuidad de la etapa de construcción del proyecto. Lo anterior podría integrarse con la herramienta Lean Construction de Target Value Design, con lo que se mejoraría significativamente el diseño geométrico de las intersecciones viales, esto tomando en consideración que se obtendría una maximización de su funcionalidad con un costo acorde a los recursos económicos disponibles.

En el proceso de validación de la metodología, se observó que se debe ser bastante cuidadoso con la administración de los modelos BIM, pues falencias en el modelamiento o procedimientos indebidos ocasionan daños irreversibles en los modelos por los que se puede incurrir en procesos de re-trabajo. Por lo anterior, se recomiendan procesos de gestión del modelo eficientes y copias de seguridad frecuentes, lo cual puede ser ampliamente apoyado por la plataforma BIM 360 la cual permite asignar diferentes niveles de acceso a la información del proyecto por parte de los participantes vinculados y un historial de modificaciones que hacen posible conocer las actualizaciones puntuales de cada uno de involucrados en el proyecto, permitiendo así un mayor control y conocimiento sobre la información del proyecto compartida con los demás profesionales.

1.22 Futuras líneas de trabajo

Futuras líneas de trabajo podrían estar enfocadas a temáticas relacionadas con:

- Aplicación de la metodología expuesta en la presente investigación para otras disciplinas del diseño de intersecciones a desnivel como: arquitectura, estructura, geología, geotécnica, entre otros.
- Estudio para la adaptación del marco legal colombiano enfocado a la aplicación del método IPD en los proyectos de construcción de propiedad del estado, donde podrían ser integradas asociaciones público privadas.
- Propuesta de metodologías de diseño enfocadas en proyectos diferentes a intersecciones viales que contemplen la integración de: Building Information Modeling, Lean Construction, Integrated Project Delivery y de alguna forma vinculen la metodología propuesta en esta investigación.
- Estudios enfocados en la implementación de herramientas Lean Construction al diseño geométrico de intersecciones viales que no fueron incluidas en el alcance de la presente investigación tales como: Last Planner System, 5s, ciclo PDCA, modularización y prefabricados, entre otras.

- Estudios enfocados en la optimización del diseño geométrico de intersecciones viales mediante la implementación de BIM y herramientas específicas de la filosofía Lean Construction tales como el Target Value Design.
- Exploración de la implementación de BIM en conjunto con metodologías relacionadas con el internet de las cosas, con lo cual a partir de diferentes sensores y dispositivos inteligentes se podrían vincular diferentes datos de los proyectos al modelo BIM, los cuales podrían ser utilizados para el mejoramiento de diferentes cuestiones relacionadas con la planificación y operación de los proyectos lo cual podría ser integrado con el concepto emergente de ciudades inteligentes.
- Integración de tecnologías emergentes de escáner laser, realidad virtual y aumentada, entre otras, con la metodología de diseño geométrico propuesta, lo cual permitiría automatizar diferentes procesos de la captura de información para mejorar la precisión con la que se elabora el modelo BIM de las condiciones emergentes.

1.23 Limitaciones del estudio

- El presente estudio está enfocado en la metodología de diseño vial expuesta por el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS. Por lo tanto, la metodología diseñada es aplicable al entorno colombiano, para la implementación a otras regiones puede que requiera un conjunto de ajustes (Instituto Nacional de Invias, 2008).

- La metodología desarrollada en el presente estudio se encuentra enfocada a la Fase III del diseño geométrico: diseños definitivos. Sin embargo, debido a la similitud en algunos procesos la presente metodología podría ser adaptada a las Fases 1 y 2.
- La implementación de la filosofía Lean Construction se encuentra limitada a las herramientas: Visual Management, Big Room y Value Stream Mapping, sin embargo, otras herramientas Lean podrían ser implementadas mediante aplicación de la metodología de implementación utilizada en la presente investigación.
- La metodología propuesta se encuentra limitada al diseño geométrico Fase III de proyectos de intersecciones viales, por lo que otros tipos de proyectos y disciplinas requieren nuevos estudios.
- Relacionado al método IPD, el diseño de la metodología de diseño geométrico propuesta tuvo en cuenta el diseño del trabajo y el diseño de la información contemplados por el método IPD. Por otro lado, el diseño del equipo de trabajo no fue realizado tomando en consideración el alcance propuesto, sin embargo, en la metodología presentada fueron identificados un conjunto de participantes y los procesos en los que se involucran. Por lo anterior, queda para trabajos futuros el estudio de los aspectos relacionados con las características del recurso humano requerido para la ejecución de la presente metodología.
- Los softwares BIM seleccionados para el proceso de validación fueron los proporcionados por la firma Autodesk, los cuales fueron tenidos en cuenta tomando en consideración las

facilidades para la obtención de las licencias educativas para el desarrollo de los modelos presentados.

Referencias bibliográficas

- Adam, A., Josephson, P., & Lindahl, G. (2015). Implications of Cost Overruns and Time Delays on Major Public Construction Projects. 747–758. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-46994-1>
- Agudelo, J. (2002). Diseño geométrico de vías ajustado al manual Colombiano.
- Ahsan, K., & Gunawan, I. (2010). Analysis of cost and schedule performance of international development projects. *International Journal of Project Management*, 28(1), 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2009.03.005>
- Akinci, B., & Fischer, M. (1998). Factors Affecting Contractors ' Risk of cost overburden. *American Society of Civil Engineers*, 14(February), 67–76.
- Akogbe, R. K. T. M., Feng, X., & Zhou, J. (2013). Importance and ranking evaluation of delay factors for development construction projects in Benin. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 17(6), 1213–1222. <https://doi.org/10.1007/s12205-013-0446-2>
- Al-Hazim, N., Salem, Z. A., & Ahmad, H. (2017). Delay and Cost Overrun in Infrastructure Projects in Jordan. *Procedia Engineering*, 182, 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.105>
- Al-Khalil, M. I., & Al-Ghafly, M. A. (1999). Important causes of delay in public utility projects in Saudi Arabia. *Construction Management and Economics*, 17(5), 647–655. <https://doi.org/10.1080/014461999371259>
- Al-Kharashi, A., & Skitmore, M. (2009). Causes of delays in Saudi Arabian public sector

- construction projects. *Construction Management and Economics*, 27(1), 3–23.
<https://doi.org/10.1080/01446190802541457>
- Alves, T. da C. L., Milberg, C., & Walsh, K. D. (2012). Exploring lean construction practice, research, and education. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19(5), 512–525. <https://doi.org/10.1108/09699981211259595>
- Alzahrani, J. I., & Emsley, M. W. (2013). The impact of contractors' attributes on construction project success: A post construction evaluation. *International Journal of Project Management*, 31(2), 313–322. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.06.006>
- American Institute of Architects and AIA California, & Council. (2007). Integrated Project Delivery: A Guide. American Institute of Architects, 1–62.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.002>
- American Institute of Architects and AIA California Council. (2007). Integrated Project Delivery A Working Definition. In *Engineered Systems*. Retrieved from <http://www.csa.com/partners/viewrecord.php?requester=gs&collection=TRD&recid=201004B90300712MB>
- Arditi, D., Nayak, S., & Damci, A. (2017). Effect of organizational culture on delay in construction. *International Journal of Project Management*, 35(2), 136–147.
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.10.018>
- Assaf, S. A., & Al-Hejji, S. (2006). Causes of delay in large construction projects. *International Journal of Project Management*, 24(4), 349–357.
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.11.010>
- Autodesk. (2019). Autodesk. Retrieved from <https://www.autodesk.com/products/infraworks/overview>

- Azhar, N., Kang, Y., Asce, M., Ahmad, I., & Asce, F. (2014). Critical Look into the Relationship between Information and Communication Technology and Integrated Project Delivery in Public Sector Construction. *Management in Engineering*, 31(Aia 2010). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000334](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000334).
- Aziz, R. F., & Abdel-Hakam, A. A. (2016). Exploring delay causes of road construction projects in Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, 55(2), 1515–1539. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.03.006>
- Beach, T., Petri, I., Rezgui, Y., & Rana, O. (2017). Management of Collaborative BIM Data by Federating Distributed BIM Models. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 31(4), 04017009. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000657](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000657)
- Bernhardt, K. L. S., & McNeil, S. (2008). Agent-based modeling: Approach for improving infrastructure management. *Journal of Infrastructure Systems*, 14(3), 253–261. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1076-0342\(2008\)14:3\(253\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1076-0342(2008)14:3(253))
- Bradley, A., Li, H., Lark, R., & Dunn, S. (2016). BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective. *Automation in Construction*, 71, 139–152. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.08.019>
- Bravo, P. E. (1976). *Diseño de carreteras*.
- Brownjohn, J., & Aktan, E. (2013). Improving resilience of infrastructure: the case of bridges. 1812–1821.
- Chan, D. W., & Kumaraswamy, M. M. (1997). A comparative study of causes of time overruns in Hong Kong construction projects. *International Journal of Project Management*, 15(1), 55–63. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(96\)00039-7](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(96)00039-7)
- Chang, C., Pan, W., & Howard, R. (2017). Impact of Building Information Modeling

- Implementation on the Acceptance of Integrated Delivery Systems : Structural Equation Modeling Analysis. 143(8), 1–10. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001335](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001335).
- Chien-Ho, K., & Neng-Fu, C. (2014). Lean Design Process. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(March), 1–12. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862)
- Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, K. L. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors* (2nd Editio).
- Chunyan MA, X. L. and Y. M. (2014). Study on the Application of BIM Technology in Construction Projects under IPD Mode. *ICCREM 2014: Smart Construction and Management in the Context of New Technology* © ASCE 2014, 229–236. <https://doi.org/10.1061/9780784413777.028>
- Church Architecture. (2011). *Métodos de Entrega de Proyecto*.
- Computer Integrated Construction Research Program. (2010). *BIM project execution planning guide* (Version 2.). Retrieved from https://vdcscorecard.stanford.edu/sites/default/files/BIM_Project_Execution_Planning_Guide-v2.0.pdf
- Costin, A., Adibfar, A., Hu, H., & Chen, S. S. (2018). Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure – Literature review, applications, challenges, and recommendations. *Automation in Construction*, 94(October 2017), 257–281. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.07.001>
- Díaz, H., Sánchez, O., & Galvis, J. (2014). Lean Construction philosophy for the management of construction projects: a current review. *Investigación En Ingeniería*, 11(1), 1794–4953.
- Díaz Vargas, L. F. (2009). *Análisis Vial De Dos Intersecciones Sin Semáforo En Zona Aledaña a*

- Nuevo Terrapuerto De Piura (Universidad de Piura). Retrieved from http://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1349/ICI_173.pdf?sequence=1
- Dirección de vías transporte y servicios públicos. (2012). Aspectos peatonales y de intermodalidad en intersecciones viales en Bogota D.C. Alcaldia Mayor de Bogota.
- Doloi, H., Sawhney, A., Iyer, K. C., & Rentala, S. (2012). Analysing factors affecting delays in Indian construction projects. *International Journal of Project Management*, 30(4), 479–489. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2011.10.004>
- Duque Carmona, S. D. (2014). Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD): Caso de estudio de detección de incongruencias en un proyecto de edificación. 174.
- Durango, A. E. A. (2016). Relación entre infraestructura vial y desarrollo económico en los municipios de Antioquia : aplicación espacial. Universidad EAFIT.
- El Diraby, T. E. (2010). Semantic Representation of Infrastructure Interdependencies : Rethinking infrastructure design and management. *American Society of Civil Engineers*, 656–665.
- Elawi, G. S. A., Algahtany, M., & Kashiwagi, D. (2016). Owners' Perspective of Factors Contributing to Project Delay: Case Studies of Road and Bridge Projects in Saudi Arabia. *Procedia Engineering*, 145(480), 1402–1409. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.176>
- Elinwa, A. U., & Buba, S. A. (1993). Construction Cost Factors in Nigeria. *Journal of Construction Engineering and Management*, 119(4), 698–713. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1993\)119:4\(698\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1993)119:4(698))
- Enshassi, A., Al-Najjar, J., & Kumaraswamy, M. (2009). Delays and cost overruns in the construction projects in the Gaza Strip. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 14(2), 126–151. <https://doi.org/10.1108/13664380910977592>

- Fakhimi, A., & Branch, K. (2017). The 1st International & 3rd National Conference of Construction & Project Management IS IPD MADE ADEQUATE INFRASTRUCTURE FOR UTILIZING LC AND BIM ? (January).
- Fakhimi, A. H., Sardroud, J. M., & Azhar, S. (2016). How can lean, IPD and BIM work together? ISARC 2016 - 33rd International Symposium on Automation and Robotics in Construction, (Isarc), 67–75. <https://doi.org/10.22260/ISARC2016/0009>
- Fanning, B., Clevenger, C. M., Ph, D., Asce, M., Ozbek, M. E., Ph, D., ... Asce, M. (2015). Implementing BIM on Infrastructure : Comparison of Two Bridge Construction Projects. 20(4), 1–8. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000239](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000239).
- Fedderke, J. W., & Kaya, T. E. (2014). Productivity Impact of Infrastructure in Turkey, 1987–2006. Journal of Infrastructure Systems, 20(3), 04014011. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000173](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000173)
- Fernández, M. (2015). Autor :Miguel, Fernández. UNIVERSIDAD de VALLADOLID.
- Franklin D. Lancaster, J. T. (2010). Integrated Project Delivery: Next-Generation BIM for Structural Engineering. Structures Congress 2010, 2809–2818. [https://doi.org/10.1061/41130\(369\)254](https://doi.org/10.1061/41130(369)254)
- Frimpong, YaW, & Oluwoye, J. (2007). Significant factors causing delay and cost overruns in construction of groundwater projects in ghana. Construction, 4(2), 175–187. <https://doi.org/10.1142/S1609945103000418>
- Frimpong, Yaw, Oluwoye, J., & Crawford, L. (2003). Causes of delay and cost overruns in construction of groundwater projects in a developing countries; Ghana as a case study. International Journal of Project Management, 21(5), 321–326. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00055-8)

- García, E. M., Osiris, J., Bencomo, V., Alberto, M., & Esparza, R. (2010). Análisis y Evaluación de Intersecciones Urbanas. (56), 51–60.
- Ghosh, S., & Jintanapakanont, J. (2004). Identifying and assessing the critical risk factors in an underground rail project in Thailand: A factor analysis approach. *International Journal of Project Management*, 22(8), 633–643. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.05.004>
- Gibson, Jr., G. E., Bingham, E., & Stogner, C. R. (2010). Front End Planning for Infrastructure Projects. *Construction Research Congress* 2010, 1125–1135. [https://doi.org/10.1061/41109\(373\)113](https://doi.org/10.1061/41109(373)113)
- Glick, S., & Guggemos, A. A. (2009). IPD and BIM : Benefits and Opportunities for Regulatory Agencies. 45th Associated Schools of Construction National Conference, (Davis 2003), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.008>
- Grigg, B. N. S., & Asce, M. (1986). Research Needs For Infraestructure Managament. *American Society of Civil Engineers*, 111(1), 49–64.
- Günhan, S., Arditi, D., & Doyle, J. (2007). Avoiding Change Orders in Public School Construction. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 133(1), 67–73. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1052-3928\(2007\)133:1\(67\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1052-3928(2007)133:1(67))
- Halfawy, M. R. (2008). Integration of Municipal Infrastructure Asset Management Processes: Challenges and Solutions. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 22(3), 216–229. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(2008\)22:3\(216\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(2008)22:3(216))
- Hall, J. W., Otto, A., Tran, M., Barr, S., & Alderson, D. (2014). A National Model for Strategic Planning of Infrastructure Systems. *American Society of Civil Engineers*, 2, 2821–2829.
- Hamzah, N., Khoiry, M. A., Arshad, I., Tawil, N. M., & Che Ani, A. I. (2011). Cause of construction delay - Theoretical framework. *Procedia Engineering*, 20(Kpkt 2010), 490–495.

<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.192>

Hanger Brustlin, V. (2006). Intersection Design. In Mass Highway (pp. 6–1).

<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-057041-9.50010-6>

Harris, A., & F.C., S. (1986). Delays on Large Construction Projects. *International Journal of Operations & Production Management*, 6(1), 25–33. <https://doi.org/10.1108/eb054752>

Heikkila, R., Liukas, J., & Karjalainen, A. (2013). Development and utilization of open information transfer formats in infrastructure sector.

Herce, M. (2013). *El negocio del territorio - Evolución y perspectivas de la ciudad moderna* (Alianza Editorial, Ed.).

Hyatt, B. (2014). Evaluating the Implementation of Lean Construction into Construction Education. *Construction Research Congress 2014*, (2008), 140–149. <https://doi.org/10.1061/9780784413517.176>

Ibironke, O. T., Oladinrin, T. O., Adeniyi, O., & Eboreime, I. V. (2013). Analysis of non-excusable delay factors influencing contractors' performance in Lagos State, Nigeria. *Journal of Construction in Developing Countries*, 18(1), 53–72.

Ilozor, B. D., & Kelly, D. J. (2012). Building Information Modeling and Integrated Project Delivery in the Commercial Construction Industry: A Conceptual Study. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 2(1), 23–36.

Institute Project Management. (2017). *Guía de los Fundamentos para la dirección de proyectos*.

Instituto Nacional de Invias. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Republica de Colombia.

Instituto Nacional de Invias. (2011). *Estudios a nivel de fase III de la vía timbio el estanquillo estudios y diseños de carreteras fase III*.

- Jalaei, F., & Jrade, A. (2014). Transforming Building Design through Integrated Project Delivery in Architectural and Engineering Education. *Construction Research Congress 2014*, (2008), 140–149. <https://doi.org/10.1061/9780784413517.176>
- JG, Z. (2003). Schedule delay analysis; is there agreement? In: *Proc. PMI-CPM college of performance spring conf.,. Project Management Institute – College of Performance Management*. New Orleans, US.
- Josephson, P.-E., Larsson, B., & Li, H. (2002). Illustrative Benchmarking Rework and Rework Costs in Swedish Construction Industry. *Journal of Management in Engineering*, 18(2), 76–83. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2002\)18:2\(76\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2002)18:2(76))
- Kahvandi, Z., Saghatforoush, E., Alinezhad, M., & Noghli, F. (2017). Integrated Project Delivery (IPD) Research Trends. *Journal of Engineering, Project, and Production Management* 2017, (July), 99–114. Retrieved from http://www.ppml.url.tw/EPPM_Journal/volumns/07_02_July_2017/05_ID_163_7_2_99_114.pdf
- Kaleem, S., Irfan, M., & Gabriel, H. F. (2014). Estimation of Highway Project Duration at the Planning Stage and Analysis of Risk Factors Leading To Time Overrun. *Conference of the Transportation & Development Institute (T&DI) of ASCE*, 612–626.
- Kaliba, C., Muya, M., & Mumba, K. (2009). Cost escalation and schedule delays in road construction projects in Zambia. *International Journal of Project Management*, 27(5), 522–531. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.07.003>
- Kaming, P. F., Olomolaiye, P. O., Holt, G. D., & Harris, F. C. (1997). Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in Indonesia. *Construction Management and Economics*, 15(1), 83–94. <https://doi.org/10.1080/014461997373132>

- Kent, D. C., & Becerik-gerber, B. (2010). Understanding Construction Industry Experience and Attitudes toward Integrated Project Delivery. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(8), 815–825. <https://doi.org/10.1061/ASCECO.1943-7862.0000188>
- Khodeir, L. M., & Mohamed, A. H. M. (2015). Identifying the latest risk probabilities affecting construction projects in Egypt according to political and economic variables. From January 2011 to January 2013. *HBRC Journal*, 11(1), 129–135. <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2014.03.007>
- Koskela, L. (2004). Making Do The Eighth Category of Waste. 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Retrieved from <http://usir.salford.ac.uk/9386/>
- Koskela, L. (1993). Lean production in construction. National Construction and Management Conference, 47–54.
- Koskela, L. (2000). An exploration towards a production theory and its application to construction Tuotannon teorian hahmottelu ja sen soveltaminen rakentamiseen.
- Koskela, L., & Howell, G. (2002). The theory of project management: Explanation to novel methods. *Proceedings 10th Annual Conference on Lean Construction*, 1–11. <https://doi.org/10.1109/EMR.2008.4534317>
- Koushki, P. A., & Kartam, N. (2004). Impact of construction materials on project time and cost in Kuwait. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 11(2), 126–132. <https://doi.org/10.1108/09699980410527867>
- Larsen, J. K., Shen, G. Q., Lindhard, S. M., & Brunoe, T. D. (2016). Factors Affecting Schedule Delay, Cost Overrun, and Quality Level in Public Construction Projects. *Journal of Management in Engineering*, 32(1), 04015032. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000391](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000391)

- Le-Hoai, L., Lee, Y. D., & Lee, J. Y. (2008). Delay and cost overruns in Vietnam large construction projects: A comparison with other selected countries. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 12(6), 367–377. <https://doi.org/10.1007/s12205-008-0367-7>
- Li, J., Wang, Y., Wang, X., Luo, H., Kang, S. C., Wang, J., ... Jiao, Y. (2014). Benefits of building information modelling in the project lifecycle: Construction projects in asia. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 11(1). <https://doi.org/10.5772/58447>
- Luis Bañón Blázquez, & Garcia, J. F. B. (n.d.). Planificación Vial y Planeamiento.
- Manning, R. T. (2012). Challenges, Benefits, & Risks Associated with Integrated Project Delivery and Building Information Modeling.
- Mansfield, N., Ugwu, O., & Doran, T. (1994). Causes of delay and cost overruns in Nigerian construction projects. *International Journal of Project Management*, 12(4), 254–260. [https://doi.org/10.1016/0263-7863\(94\)90050-7](https://doi.org/10.1016/0263-7863(94)90050-7)
- Martínez, Y. F., & Trujillo, C. P. B. (2018). Informe final, Estudio de tránsito y transporte. Universidad Industrial de Santander, 160–164.
- Marzouk, M., & Abdel Aty, A. (2012). Maintaining Subways Infrastructures using BIM. *Construction Research Congress*, 2320–2328. <https://doi.org/10.1061/9780784412329.233>
- Marzouk, M. M., & El-Rasas, T. I. (2014). Analyzing delay causes in egyptian construction projects. *Journal of Advanced Research*, 5(1), 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2012.11.005>
- Memon, A. H., Rahman, I. A., Asmi, A., & Azis, A. (2011). Preliminary Study on Causative Factors Leading to Construction Cost Overrun. *Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM) and Concrete Society of Malaysia (CSM)*, 2(1), 57–71.
- Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., ... Zikic, N. (2019).

- BIM Project Execution Planning Guide - Version 2.1. In Computer Integrated Construction Research Program, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Messner, J., Leicht, R., & Bhawani, S. (2018). Lean deployment planning guide (Primera, Vol. 1; Lean Construction institute, Ed.).
- Mohamed Abdelgawad, Fayek, A. R., & A.M.ASCE. (2010). Risk Management in the Construction Industry Using Combined Fuzzy FMEA and Fuzzy AHP. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(9), 1028–1036.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000210](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000210)
- Morris, S. (1990). Cost and Time overruns in public sector projects. *Indian Institute of Management*, XXV(47).
- Morton, P. J., & Thompson, E. M. (2011). Uptake of BIM and IPD within the UK AEC Industry: The Evolving Role of the Architectural Technologist. *Built and Natural Environment Research Papers Built and Natural Environment Research Papers @BULLET*, 4(2), 275–286.
Retrieved from <http://www.northumbria.ac.uk/static/5007/bepdf/vol...>
- Nahmens, I., & Ikuma, L. H. (2012). Effects of Lean Construction on Sustainability of Modular Homebuilding. 18(June), 155–163. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000054](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000054).
- National Institute of Building Sciences. (2007). National BIM Standard - United States TM Version 2. Nbims-Us, 182. [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(01\)82124-9](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(01)82124-9)
- Naumann, R. (2007). Kosten-Risiko-Analyse für Verkehrsinfrastrukturprojekte.
- Nawi, M. N. M., Haron, A. T., Hamid, Z. A., Kamar, K. A. M., & Baharuddin, Y. (2014). Improving integrated practice through Building Information Modeling-Integrated Project Delivery (BIM-IPD) for Malaysian Industrialised Building System (IBS) construction

- projects. *Malaysian Construction Research Journal*, 15(2), 29–38.
- O.U Press. (2016). *Definition of infrastructure*. Oxford University Press.
- O'Brien, W. J., Gau, P., Schmeits, C., Goyat, J., & Khwaja, N. (2012). Benefits of three-and four-dimensional computer-aided design model applications for review of constructability. *Transportation Research Record*, (2268), 18–25. <https://doi.org/10.3141/2268-03>
- Odeh, A. M., & Battaineh, H. T. (2001). Causes of construction delay: Traditional contracts. *International Journal of Project Management*, 20(1), 67–73. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(00\)00037-5](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(00)00037-5)
- Odeyinka, H., & Yusif, A. (1997). “The Causes and Effects of Construction Delays on Completion Cost of Housing Projects in Nigeria.” *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 2(3), 31-44.
- OECD. (2006). *Infrastructure to 2030: Telecom, Land Transport, Water and Electricity* (Vol. 2; Cooperation And Development Organisation for Economic, Ed.).
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System* (P. Press, Ed.). New York.
- Okpala, D. C., & Aniekwu, A. N. (1988). Causes of high cost of construction in nigeria. 114(2), 233–244.
- Olawale, Y. A., & Sun, M. (2010). Cost and time control of construction projects: inhibiting factors and mitigating measures in practice. *International Journal of Project Management*, 28(5), 509–526. <https://doi.org/10.1080/01446191003674519>
- Orangi, A., Palaneeswaran, E., & Wilson, J. (2011). Exploring delays in Victoria-based Astralian pipeline projects. *Procedia Engineering*, 14, 874–881. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.07.111>
- Parrott, B. C., & Bomba, M. B. (2010). Integrated project delivery and building information

- modeling: A new breed of contract. *PCI Journal*, 55(4), 147–153.
- Paula Alejandra Palacios Rodriguez. (2018). Caracterización de los avances en la implementación conjunta de Integrated Project Delivery y Building Information Modeling. Universidad Industrial de Santander.
- Pérez, G. J. V. (2005). La infraestructura del transporte vial y la movilización de carga en Colombia. (64).
- Pommer, E. E., Horman, M. J., Messner, J. I., & Riley, D. (2010). A Unified Process Approach to Healthcare Project Delivery: Synergies between Greening Strategies, Lean Principles and BIM. *American Society of Civil Engineers*, 1376–1385.
- Rahman, I. A., Memon, A. H., & Karim, A. T. A. (2013a). Examining Factors Affecting Budget Overrun of Construction Projects Undertaken through Management Procurement Method Using PLS-sem Approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 107(2013), 120–128. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.407>
- Rahman, I. A., Memon, A. H., & Karim, A. T. A. (2013b). Significant factors causing cost overruns in large construction projects in Malaysia. *Journal of Applied Sciences*, 13(2), 286–293. <https://doi.org/10.3923/jas.2013.286.293>
- Ramanathan, C., Narayanan, S., & A.B. Idrus. (2012). Construction delays causing risks on time and cost – a critical review. *Austr. J. Constr. Econ. Build.*, 12(1), 37–57.
- Ramírez Muriel, A. F. (2016). Inversión en infraestructura vial y su impacto en el desarrollo económico: un análisis al caso Colombia (1993-2014) (Universidad Nacional de Colombia). Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/51281/>
- Rezgui, Y., Beach, T., Rana, O., & Li, H. (2016). Cloud-based Lifecycle and Supply Chain BIM Storage Strategy A Proof of Concept Study.

- Rincón Avellaneda, M. P. (2016). Conflictos Territoriales y Proyectos de Infraestructura Vial. *Bitácora Urbano Territorial*, 26(2), 71. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v26n2.59292>
- Rosenfeld, Y. (2013). Root-Cause Analysis of Construction-Cost Overruns. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(January), 51–60. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO)
- Rowlinson, S. (2017). Building information modelling, integrated project delivery and all that. *Construction Innovation*, 17(1), 45–49. <https://doi.org/10.1108/CI-05-2016-0025>
- Sacks, R., Eastman, C. M., & Lee, G. (2004). Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete. *Automation in Construction*, 13(3), 291–312. [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(03\)00043-8](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(03)00043-8)
- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A., & Owen, R. (2010). Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. 136(September), 968–980.
- Sambasivan, M., & Soon, Y. W. (2007). Causes and effects of delays in Malaysian construction industry. *International Journal of Project Management*, 25(5), 517–526. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.11.007>
- Sanabria, J. C. (2014). Estudios y diseños de algunos de los proyectos estratégicos y del componente programático contemplados en el plan de desarrollo municipal – Barrancabermeja ciudad futuro 2012 - 2015. In Universidad Industrial de Santander. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Sánchez, O., Galvis, J., Porras, H., Ardila, Y., & Martínez, C. (2017). BrIM 5D models and Lean Construction for planning work activities in reinforced concrete bridges Modelos BrIM 5D y Lean Construction para planificar actividades de. *Revista Facultad de Ingeniería*, 26(46), 39–50. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.19053/01211129.v26.n46.2017.7314>

- Sankaran, B., & O'Brien, W. (2015). Establishing the level of development (LOD) requirements for modeling in highway infrastructure projects. *International Conference on Civil and Building Engineering Informatics (ICCBEI 2015)*, (April 2015), 1–8.
- Sarmiento, J. N. G. (2018). Lineamientos para la elaboración de Estudios de Tránsito en Proyectos Viales Interurbanos en Colombia. *Высшей Нервной Деятельности*, 2, 227–249.
- Saurin, T. a, Formoso, C. T., & Cambraia, F. B. (2006). Towards a Common Language Between Lean Production and Safety Management. *14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Santiago, (May 2016), 483–495.
- Shehu, Z., Endut, I. R., & Akintoye, A. (2014). Factors contributing to project time and hence cost overrun in the Malaysian construction industry. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 19(1), 55–75. <https://doi.org/10.1108/JFMPC-04-2013-0009>
- Shim, C. S., Yun, N. R., & Song, H. H. (2011). Application of 3D Bridge Information Modeling to Design and Construction of Bridges. *Procedia Engineering*, 14, 95–99. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.07.010>
- Shou, W., Wang, J., & Wang, X. (2014). A Comparative Review of Building Information Modelling Implementation in Building and Infrastructure Industries. *International Centre for Numerical Methods in Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s11831-014-9125-9>
- Sierra, C. B., & Aristizábal, D. A. G. (2012). Evaluación del flujo vehicular en la intersección de la carrera 70 con la calle 9 por la construcción de una vía subterránea en el aeropuerto Enrique Olaya Herrera. *Escuela de Ingenieria Antioquia*.
- Singh, R. (2010). Delays and Cost Overruns in Infrastructure Projects : Extent , Causes and Remedies. *Economic and Political Weekly*, xlv(181), 43–54. <https://doi.org/10.2307/27807050>

- Sociedad colombiana de Ingenieros. (2014). Manual De Servicios De Consultoria Para Estudios Y Diseños , Interventoria De. 1–162.
- Soto, C., Manríquez, S., & Godoy, P. (2019). Estándar BIM para proyectos publicos. In Comité de transformación Digital (Ed.), Comité de transformación digital (Primera Ed, Vol. 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Sözüer, M., & Spang, K. (2012). Challenges in the planning process of infrastructure projects in Germany. Construction Research Congress 2012 @ ASCE 2012, (2007), 2369–2378.
- Strafaci, B. A. (2008). What does BIM mean for civil engineers? October, (October), 62–65.
- Sweis, G. J. (2013). Factors Affecting Time Overruns in Public Construction Projects: The Case of Jordan. International Journal of Business and Management, 8(23), 120–129. <https://doi.org/10.5539/ijbm.v8n23p120>
- Tezel, A., Koskela, L., & Aziz, Z. (2018). Lean thinking in the highways construction sector: motivation, implementation and barriers. Production Planning and Control, 29(3), 247–269. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1412522>
- Wang, X., & Dunston, P. S. (2006). Compatibility issues in Augmented Reality systems for AEC: An experimental prototype study. Automation in Construction, 15(3), 314–326. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2005.06.002>
- Womack, J.P., Jones, D. T. (2005). Lean Consumption. Harvard Business Review, (March). Retrieved from www.hbr.org
- Yang, Z., & Wang, G. (2009). Cooperation between building information modeling and integrated project delivery method leads to paradigm shift of AEC industry. 2009 International Conference on Management and Service Science, 1–4.
- Yeutter, M. R. (2012). On the use of Building Information Modeling in Infrastructure Bridge.

- Yujie Lu, Qingbin Cui, Longquan Mao, L. C. (2011). National-Level Infrastructure Risk Evaluation Framework and Best Practices. American Society of Civil Engineers, (Did), 360–367.
- Yuri, A., & Pila, G. (2016). Integrated Project Delivery (IPD): Un marco integrador de ejecución de proyectos. *Civilizate*, 8, 40–43.
- Zhou, W., Qin, H., Qiu, J., Fan, H., Lai, J., Wang, K., & Wang, L. (2017). Building information modelling review with potential applications in tunnel engineering of China. *Royal Society Open Science*, 4(8), 170174. <https://doi.org/10.1098/rsos.170174>

Anexos A “Fichas de caracterización”

Fichas de características de los procesos de diseño geométrico de la metodología

tradicional

Características del proceso: Recopilación y revisión de la validez de la información generada en Fase II. Factibilidad.

ID	PT01
Procesos	Recopilación y revisión de la validez de la información generada en Fase II. Factibilidad
Descripción	Hace referencia a la recolección de información generada como producto del desarrollo de la Fase II - Factibilidad o Fase de Ingeniería Básica y a su vez a la revisión de los estudios previos existentes con el fin de esclarecer su validez en cuanto a: 1) alcance, es decir, la revisión del cumplimiento o no cumplimiento, del nivel de desarrollo propuesto en el estudio, 2) tiempo, es decir, si el desarrollo de los estudios previos se encuentra en un periodo tiempo vigente en cuanto al criterio de los especialistas el proyecto, esta revisión se hace con el fin de evitar el ingreso de información errónea, inconclusa o deficiente al desarrollo de la nueva fase.
Responsable	Coordinador del proyecto Ingeniero de Transito Topógrafo Ingeniero de Vías Geólogo Ingeniero de suelos Ingeniero ambiental Ingeniero de Aguas Ingeniero Estructural Arquitecto Ingeniero de pavimentos Abogado Entidades gubernamentales Especialista predial Dueño Ingeniero Auxiliar Ingeniero Hidráulico y Sanitario Ingeniero Eléctrico Ingeniero de Telecomunicaciones Ingeniero de Gas Ingeniero Climático Ingeniero de Costos

Archivo de entrada	• Base de datos final como insumo de Fase I & II Estudio de tránsito. • Levantamiento y estudio topográfico. • Diseño geométrico preliminar de intersecciones. • Evaluación preliminar geológica y geotécnica. • Estudio preliminar hidrología e hidráulica. • Diseño preliminar Pavimentos. • Diseño preliminar estructural. • Diseño preliminar urbanístico & paisajismo. • Diseño preliminar señalización vial. • Diseño preliminar de redes de servicio. • Estudio definitivo de impacto ambiental. • Estudio de variables climáticas. • Estudio de afectación predial. • Estimación preliminar de presupuesto de obra costos directos e indirectos. • Cuantificación de los costos de la operación vehicular. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	Base de datos final como insumo de Fase III.

Características del proceso: Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio.

ID	PT02
Procesos	Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio
Descripción	El estudio de tránsito a nivel de Fase III - Diseños definitivos o ingeniería de detalle, se enfocará en el estudio de la alternativa previamente identificada, permitiendo el análisis detallado de: Macro y Micro simulación de las alternativas, flujos de transportes futuros, costos de transporte, costos de mantenimiento, volúmenes de tránsito, análisis de capacidad y niveles de servicio, entre otros. El presente estudio inicia a partir de recolección de información primaria y secundaria perteneciente a la zona de interés, la información secundaria hace referencia a información realizada en estudios previos o consolidada en bases de datos de entidades existentes, por otro lado la información primaria responde a la información obtenida directamente en campo con el fin de captar las condiciones actuales de la zona y disminuyendo la incertidumbre de los requerimientos actuales del proyecto, finalmente el estudio de tránsito provee la información requerida para el desarrollo de los diseños definitivos por parte de diferentes áreas que integran el desarrollo del proyecto.
Responsable	Ingeniero de Tránsito Coordinador del proyecto

Archivo de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Base de datos final como insumo de Fase I & II. • Estudio de tránsito. • Levantamiento y estudio topográfico. • Diseño geométrico preliminar de intersecciones. • Evaluación preliminar geológica y geotécnica. • Estudio definitivo de impacto ambiental. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de tránsito. • Modelo alternativa de solución. • Carteras de campo. • Fotografías de campo. • Anexos de tránsito

Características del proceso: levantamiento topográfico del corredor.

ID	PT03
Procesos	Levantamiento topográfico del corredor
Descripción	Hace referencia al levantamiento de información de alta precisión en campo cuya tecnología de implementación en el proceso de captura de información es libre al criterio del consultor siempre y cuando se garantice el cumplimiento de las especificaciones que plantea el Manual de Diseño Geométrico INVIAS, en este proceso además del levantamiento detallado de la vía existente, obras aledañas y cualquier otro requerimiento solicitado por el consultor se realiza la localización en el terreno del eje definitivo del proyecto y la nivelación del mismo, estas actividades que deben ser registradas por medio de carteras de campo las cuales serán usadas en la etapa de construcción del proyecto.
Responsable	Topógrafo Coordinador del proyecto
Archivo de entrada	• Levantamiento y estudio topográfico. • Diseño geométrico preliminar de intersecciones. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de topografía. • Imágenes aéreas y fotografías de alta resolución. • Carteras de campo. • Planos topográficos. • Anexos de topografía

Características del proceso: diseño geométrico definitivo de intersecciones.

ID	PT04
-----------	-------------

Procesos	Diseño geométrico definitivo de intersecciones
Descripción	Conformado por el desarrollo de los diseños en planta, perfil y sección transversal de las calzadas principales y secundarias al igual que los diferentes elementos que componen la intersección, este proceso parte de los diseños aprobados en la Fase II - Factibilidad o Fase de Ingeniería Básica, cuyo objetivo es generar el diseño geométrico definitivo del proyecto, el producto de este proceso permite dar continuidad al desarrollo de los demás proceso de diseño y estudios del proyecto.
Responsable	Ingeniero de Vías Coordinador del proyecto
Archivo de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Base de datos final como insumo de Fase I & II. • Informe de tránsito. • Informe de topografía. • Imágenes aéreas y fotografías de alta resolución. • Planos topográficos. • Anexos de topografía. • Diseño geométrico preliminar de intersecciones. • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Informe de estudio definitivo de impacto ambiental. • Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de diseño geométrico. • Planos de diseño.

Características del subproceso: asignar parámetros de la sección de entrecruzamiento.

ID	PT04.1
Procesos	Asignar parámetros de la sección de entrecruzamiento
Descripción	Partiendo del Manual de Diseño Geométrico INVIA, en este sub-proceso se realiza la identificación de parámetros y criterios mínimos a cumplir para el diseño de la sección de entrecruzamiento, entre los cuales se encuentran: cumplimiento de longitud mínima de sección de entrecruzamiento según Tabla 6.8 Manual de Diseño Geométrico INVIA, volúmenes de vehículos que se entrecruzan, número mínimo de carriles para la sección de entrecruzamiento, entre otros.
Responsable	Ingeniero de Vías

Archivo de entrada	• Informe de tránsito. • Informe de topografía. • Imágenes aéreas y fotografías de alta resolución. • Planos topográficos. • Anexos de topografía. • Diseño geométrico preliminar de intersecciones. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño de la sección de entrecruzamiento.

Características del subproceso: asignación de controles de diseño de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	PT04.2
Procesos	Asignación de controles de diseño de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Descripción	Este sub-proceso corresponde a definición e identificación de: tramos homogéneos, velocidad de diseño, vehículo de diseño, distancias de parada, adelantamiento y cruce, entre otras, las cuales dan el punto de partida para el diseño en planta, perfil y sección transversal.
Responsable	Ingeniero de Vías
Archivo de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Base de datos final como insumo de Fase I & II. • Informe de tránsito. • Informe de topografía. • Imágenes aéreas y fotografías de alta resolución. • Planos topográficos. • Anexos de topografía. • Diseño geométrico preliminar de intersecciones. • Evaluación preliminar geológica y geotécnica. • Estudio definitivo de impacto ambiental. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de controles de diseño de las calzadas principal y secundaria de la intersección

Características del subproceso: diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	PT04.3
Procesos	Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Descripción	Corresponde al diseño en planta del eje de la vía de las calzadas primarias y secundarias de la intersección para esto se debe: identificar el tipo de curvas horizontales requeridas, asignar peralte, asignar radios, calcular elementos de las curvas, calcular de entre-tangencias, entre otros.

Responsable	Ingeniero de Vías
Archivo de entrada	• Memoria de cálculo de controles de diseño de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Informe de tránsito. • Informe de topografía. • Imágenes aéreas y fotografías de alta resolución. • Planos topográficos. • Anexos de topografía. • Diseño geométrico preliminar de intersecciones. • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Informe de estudio definitivo de impacto ambiental. • Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

Características del subproceso: diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	PT04.4
Procesos	Diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Descripción	El presente sub-proceso corresponde a la definición de la longitud de transición en la cual se dará el cambio de inclinación de la sección transversal partiendo desde el bombeo normal hasta llegar a la inclinación del peralte total de la curva, para lo cual es necesario: definir la inclinación de la rampa de peraltes, definir el factor de ajuste, calcular la longitud de transición para cada curva, calcular la longitud de aplanamiento, calcular la longitud total de transición, definir la transición de peralte según el tipo de curva que se esté analizando.
Responsable	Ingeniero de vías
Archivo de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

Características del subproceso: diseño de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	PT04.5
Procesos	Diseño de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Descripción	Siendo la entre-tangencia el tramo recto existente entre dos curvas horizontales continuas producto del cálculo de los elementos de las curvas, este sub-proceso tiene como objetivo realizar el chequeo del cumplimiento de los criterios mínimos y máximos estipulados en la norma según el tipo de curva horizontal que se esté diseñando, de no cumplir con la normativa se debe iterar el diseño del alineamiento horizontal hasta dar cumplimiento a esta.
Responsable	Ingeniero de Vías
Archivo de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

Características del subproceso: diseño geométrico del alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	PT04.6
Procesos	Diseño geométrico del alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Descripción	Corresponde al diseño de los elementos verticales del alineamiento horizontal, para esto por medio del presente sub-proceso se busca: definir pendientes de tangentes verticales, asignar velocidades de elementos verticales, asignar longitud de tangentes, cálculo de elementos geométricos de las curvas verticales teniendo en cuenta la presencia o no de simetría.
Responsable	Ingeniero de Vías
Archivo de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
--------------------------	--

Características del subproceso: diseño de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	PT04.7
Procesos	Diseño de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Descripción	Por medio de este sub-proceso se realiza el diseño y asignación de la sección transversal y de las condiciones geométricas de la misma tales como: asignación del ancho de calzada, asignación del bombeo, definir ancho de berma, cálculo de sobre anchos, transición de sobre ancho, evaluación de cunetas, taludes, andenes, entre otros.
Responsable	Ingeniero de Vías Arquitecto
Archivo de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

Características del subproceso: diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada.

ID	PT04.8
Procesos	Diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada
Descripción	Hace referencia a la definición, diseño y revisión de los parámetros que componen el alineamiento horizontal de una intersección a nivel no canalizada tales como: distancia de visibilidad de cruce, según Tabla. 2.11, ángulos de entrada, donde $60^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$, radios de las curvas, según radio de giro del vehículo según Figura 2.2-2.7 y Figura 6.3-6.6, cálculos de elementos de empalme circular, según Figura 3.1 (bordes interiores de las

	curvas). <i>Tablas y Figuras tomadas del Manual de Diseño Geométrico INVIAS.</i>
Responsable	Ingeniero de Vías
Archivo de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada.

Características del subproceso: diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada.

ID	PT04.9
Procesos	Diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada
Descripción	Hace referencia a la definición, diseño y revisión de los parámetros que componen el alineamiento vertical de una intersección a nivel no canalizada tales como: pendiente mínima de las tangentes verticales, según terreno, velocidades de diseño a los elementos verticales V_{CV} y V_{TV} , según ubicación de los elementos verticales en el diseño horizontal, pendiente a las tangentes verticales, diferencia algebraica de pendientes A , K_{min} según Tabla. 4.4 Manual de Diseño Geométrico INVIAS, longitud de la curva vertical, elementos geométricos de la curva vertical, según presencia o no de simetría, entre otros.
Responsable	Ingeniero de Vías
Archivo de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada. • Planos de diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada.

Características del subproceso: diseño de la sección transversal de la intersección a nivel no canalizada.

ID	PT04.10
Procesos	Diseño de la sección transversal de la intersección a nivel no canalizada
Descripción	Por medio de este sub-proceso se realizan las diferentes actividades para el diseño sección transversal y parámetros de la intersección a nivel no canalizada entre las cuales se realiza la asignación de: sección típica, según Figuras 5.1(a) - 5.1(c), ancho de calzada, según Tabla. 5.2, bombeo (BN), según Tabla. 5.3, ancho de berma, según Tabla. 5.4, al igual que la evaluación y planteamiento de: cunetas, andenes y senderos peatonales y separadores de calzada. <i>Tablas y Figuras tomadas del Manual de Diseño Geométrico INVIAS.</i>
Responsable	Ingeniero de Vías
Archivo de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada. • Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada. • Planos de diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada. • Memoria de cálculo de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de la intersección a nivel no canalizada.

Características del subproceso: diseño de pasos a desnivel (si son requeridos).

ID	PT04.11
Procesos	Diseño de pasos a desnivel (si son requeridos)
Descripción	Este sub-proceso tiene como objetivo la identificación y diseño de los pasos a desnivel tanto peatonales como vehiculares, para lo cual se realizan las siguientes actividades: asignación de dimensiones del paso a desnivel peatonal, según Tabla. 6.10, 6.11 y Figura 6.20, ubicación del paso elevado en el alineamiento horizontal, según Figura 7.1 o 7.2 y tipo de empalme de las curvas, definir dimensión del gálibo y revisión de distancias de visibilidad dependiendo si el paso a desnivel es o no elevado. <i>Tablas y Figuras tomadas del Manual de Diseño Geométrico INVIAS.</i>
Responsable	Ingeniero de Vías Ingeniero Estructural Ingeniero de Suelos Arquitecto

Archivo de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Base de datos final como insumo de Fase I & II. • Informe de tránsito. • Informe de topografía. • Imágenes aéreas y fotografías de alta resolución. • Planos topográficos. • Anexos de topografía. • Diseño geométrico preliminar de intersecciones. • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Informe de estudio definitivo de impacto ambiental. • Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica. • Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño de pasos a desnivel. • Planos de diseño de pasos a desnivel.

Características del subproceso: diseño horizontal de los ramales de enlace.

ID	PT04.12
Procesos	Diseño horizontal de los ramales de enlace
Descripción	El presente subproceso corresponde al diseño horizontal de los ramales de las intersecciones canalizadas con el fin de permitir el flujo de vehicular de una carretera a otra ya sea para el ingreso o la salida de vehículos, para su diseño se requiere realizar una serie de actividades entre las cuales se encuentran las definiciones de: distancias de visibilidad de cruce D_c, según Tabla. 2.11, ramales de enlace requeridos en la intersección, ver Figuras 6.15 – 6.19. En adición a lo anterior, la asignación de: velocidad específica del ramal de enlace V_{RE}, según Tabla. 6.6 – 6.7, peralte al ramal donde $2\% \leq e \leq 4\%$, radio mínimo interior del ramal, según Tabla 3.8 AASTHO y el cálculo de los elementos del empalme circular simple Figura 3.1, entre otros. <i>Tablas y Figuras tomadas del Manual de Diseño Geométrico INVIAS.</i>
Responsable	Ingeniero de Vías
Archivo de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño horizontal de los ramales de enlace. • Planos de diseño horizontal de los ramales de enlace.

Características del subproceso: caracterización de isletas.

ID	PT04.13
Procesos	Caracterización de isletas

Descripción	Las isletas según el Manual de Diseño Geométrico tiene como objetivo: direccionar el movimiento vehicular, dar refugio a los peatones y servir como zona de ubicación o disposición de señalización (Instituto Nacional de Inviás, 2008) ,por lo tanto este sub-proceso contempla las isletas presentes en una intersección canalizada y establece los dimensionamientos mínimos a cumplir tales como: superficie mín. $4.5 m^2$, preferiblemente $7 m^2$ y triángulos con un lado mín. de $2.40 m$ preferiblemente $3.60 m$, según Figura 6.9, longitud mínima de $30 m$, preferiblemente de $100 m$ o más, según Figura 6.10. <i>Figuras tomadas del Manual de Diseño Geométrico INVIAS.</i>
Responsable	Ingeniero de Vías
Archivo de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de la caracterización de isletas

Características del subproceso: diseño de la sección transversal de los ramales de enlace.

ID	PT04.14
Procesos	Diseño de la sección transversal de los ramales de enlace
Descripción	Por medio de este sub-proceso se realizan las diferentes actividades para el diseño de la sección transversal y parámetros pertenecientes a los ramales de la intersección canalizada entre las cuales se contemplan: dimensionamiento del ancho del carril del ramal, según Tabla 6.3, identificación de la sección típica, según Figura 5.1(a) - 5.1(c), asignación del ancho de berma, según Tabla. 5.4, (si aplica), al igual que el planteamiento y evaluación de: cunetas, taludes, andenes y senderos peatonales. <i>Tablas y Figuras tomadas del Manual de Diseño Geométrico INVIAS.</i>
Responsable	Ingeniero de vías Arquitecto
Archivo de entrada	• Memoria de cálculo de diseño horizontal de los ramales de enlace. • Planos de diseño horizontal de los ramales de enlace.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de los ramales de enlace.

Características del subproceso: caracterización de abertura de separador central.

ID	PT04.15
Procesos	Caracterización de abertura de separador central

Descripción	El desarrollo del presente sub-proceso según el Manual de Diseño Geométrico INVIAS tiene como objetivo establecer una zona paralela al eje de la vía con el fin de separar direcciones de tránsito en el mismo o diferente sentido con lo cual para desarrollo se busca: definir apertura del separador central igual al ancho de calzada más 2.5 m, según Figura 6.13 o mayor o igual al ancho de calzada y mayor a 12 m de ancho, según Figura 6.13 dependiendo de la existencia o no de bermas en el proyecto. <i>Figuras tomadas del Manual de Diseño Geométrico INVIAS.</i>
Responsable	Ingeniero de Vías
Archivo de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de la caracterización de abertura de separador central.

Características del subproceso: caracterización de carriles exclusivos de giro a la izquierda.

ID	PT04.16
Procesos	Caracterización de carriles exclusivos de giro a la izquierda
Descripción	Este sub-proceso permite el desarrollo de carriles exclusivos de giro a la izquierda aumentando la seguridad y comodidad al realizar un cambio de carril, para su desarrollo se realizan el dimensionamiento del ancho del carril de desaceleración, según Figura 6.8b el cual no debe ser menor de 3.5 m por carril y la asignación de: longitud mínima total del carril de giro exclusivo, según Tabla. 6.4 y Figura 6.12 y longitud de transición del carril de giro exclusivo, según Tabla. 6.4. <i>Tablas y Figuras tomadas del Manual de Diseño Geométrico INVIAS.</i>
Responsable	Ingeniero de Vías
Archivo de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de carriles exclusivos de giro a la izquierda. • Planos de carriles exclusivos de giro a la izquierda.

Características del subproceso: caracterización de carriles de aceleración.

ID	PT04.17
Procesos	Caracterización de carriles de aceleración

Descripción	Este sub-proceso se realiza con el fin de permitir alcanzar una velocidad similar a la que van los vehículos que transitan por la carretera a la cual se desea realizar la vinculación a la calzada principal, para ser desarrollo se debe: dimensionar el ancho del carril de aceleración, según Figura 6.7 el cual no debe ser menor de 3.3 m por carril y se debe tener en cuenta el ancho del ramal de enlace, asignar de longitud mínima total del carril de aceleración, según Tabla. 6.1, asignar de longitud de transición del carril de aceleración según Tabla. 6.1. <i>Tablas y Figuras tomadas del Manual de Diseño Geométrico INVIAS.</i>
Responsable	Ingeniero de Vías
Archivo de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de la caracterización de carriles de aceleración. • Planos de la caracterización de carriles de aceleración.

Características del subproceso: caracterización de carriles de desaceleración.

ID	PT04.18
Procesos	Caracterización de carriles de desaceleración
Descripción	Este sub-proceso se realiza con el fin de permitir disminuir la velocidad hasta alcanzar una velocidad similar a la que van los vehículos que transitan por la calzada secundaria y la cual se desea realizar la vinculación, su desarrollo contempla el diseño de carriles de desaceleración directo y paralelo para los cual se debe definir según corresponda: el ángulo $2^\circ \leq \beta \leq 5^\circ$, el dimensionamiento el ancho del carril de desaceleración, según Figura 6.8a - 6.8b el cual no debe ser menor de 3.3 m por carril, la asignación de la longitud mínima total y la longitud de transición del carril de desaceleración según Tabla. 6.2, entre otros. <i>Tablas y Figuras tomadas del Manual de Diseño Geométrico INVIAS.</i>
Responsable	Ingeniero de Vías
Archivo de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de la caracterización de carriles de desaceleración. • Planos de la caracterización de carriles de desaceleración.

Características del subproceso: diseño vertical de los ramales de enlace.

ID	PT04.19
Procesos	Diseño vertical de los ramales de enlace

Descripción	Hace referencia a la definición, diseño y revisión diseño vertical de los ramales, pertenecientes a la intersección canalizada, para su desarrollo se contemplan actividades tales como: identificar cotas de elevación de entradas y salidas, asignación de $P_{CV} - P_{TV}$ de la primera y última curva vertical, definir pendiente mínima de las tangentes verticales según terreno, definir y verificar la pendiente máxima del corredor de ruta, según Tabla. 4.1, asignar velocidades de diseño a los elementos verticales V_{CVRE} y V_{TVRE} , según ubicación de los elementos verticales en el diseño horizontal, asignar pendiente máxima de las tangentes verticales, según Tabla. 4.2, asignación de longitud de tangente vertical, calcular diferencia algebraica de pendientes A , definir K_{min} según Tabla. 4.4, asignar longitud de la curva vertical y cálculo de elementos geométricos de la curva vertical, según presencia o no de simetría, entre otros. <i>Tablas y Figuras tomadas del Manual de Diseño Geométrico INVIAS.</i>
Responsable	Ingeniero de vías
Archivo de entrada	• Memoria de cálculo de diseño horizontal de los ramales de enlace. • Planos de diseño horizontal de los ramales de enlace. • Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de los ramales de enlace.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño vertical de los ramales de enlace. • Planos de diseño de vertical de los ramales de enlace.

Características del subproceso: definición de la transición de peralte de ramales de enlace.

ID	PT04.20
Procesos	Definición de la transición de peralte de ramales de enlace
Descripción	Este sub-proceso cumple con lo definido en el sub-proceso previo definido: diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Responsable	Ingeniero de vías
Archivo de entrada	• Memoria de cálculo de diseño horizontal de los ramales de enlace. • Planos de diseño horizontal de los ramales de enlace. • Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de los ramales de enlace. • Memoria de cálculo de diseño vertical de Los ramales de enlace. • Planos de diseño de vertical de Los ramales de enlace.
Archivo de salida	• Memoria de la transición de peralte de ramales de enlace.

Características del subproceso: diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta.

ID	PT04.21
Procesos	Diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta

Descripción	El diseño geométrico del alineamiento horizontal de una glorieta corresponde a: asignar anchos de entrada y anchos de secciones de entrecruzamiento, según Figura. 6.14 y Tabla. 6.5, verificar longitud de entrecruzamiento asignada compatible con la geometría de la solución, según Figura. 6.14, determinar la capacidad Q_p de cada sección e entrecruzamiento propuesta, definir los ángulos de entrada y salida, recomendaciones: ángulo de entrada 60° y ángulo de salida 30° . <i>Tablas y Figuras tomadas del Manual de Diseño Geométrico INVIAS.</i>
Responsable	Ingeniero de vías
Archivo de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Archivo de salida	• Memoria de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta.

Características del subproceso: Definición de diseño vertical de la glorieta.

ID	PT04.22
Procesos	Definición de diseño vertical de la glorieta
Descripción	Hace referencia a la definición, diseño y revisión del diseño vertical de la glorieta, pertenecientes a la intersección analizada, para su desarrollo se contemplan actividades tales como: identificar cotas de elevación de los elementos verticales, definir pendientes verticales según terreno, definir y verificar la pendiente máxima del corredor de ruta, según Tabla. 4.1, asignar velocidades de diseño a los elementos verticales V_{CVG} y V_{TVG} , según ubicación de dichos elementos en el diseño horizontal, asignar pendiente máxima de las tangentes verticales, según Tabla. 4.2, asignación de longitud de tangente vertical, calcular diferencia algebraica de pendientes A , definir K_{min} según Tabla. 4.4, asignar longitudes curvas verticales en caso de ser requeridas y cálculo de elementos geométricos de la curva vertical, según presencia o no de simetría, entre otros.
Responsable	Ingeniero de vías
Archivo de entrada	• Memoria de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño vertical de la glorieta. • Planos de diseño de vertical de la glorieta.

Características del subproceso: diseño de la sección transversal de la glorieta de enlace.

ID	PT04.23
Procesos	Diseño de la sección transversal de la glorieta de enlace
Descripción	Por medio de este sub-proceso se realizan las diferentes actividades para el diseño de la sección transversal y parámetros pertenecientes a la glorieta de la intersección analizada entre las cuales se contempla: dimensionar del ancho del carril del ramal, según Tabla 6.3, identificar sección típica, según Figura 5.1(a) - 5.1(c), asignar del ancho de berma, según Tabla. 5.4, (si

	aplica) y planteamiento y evaluación de: cunetas, taludes, andenes y senderos peatonales.
Responsable	Ingeniero de vías Arquitecto
Archivo de entrada	• Memoria de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta. • Memoria de cálculo de diseño vertical de la glorieta. • Planos de diseño de vertical de la glorieta.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de la glorieta.

Características del proceso: consolidación de diseño geométrico revisión y chequeo normativo INVIAS

ID	PT05
Procesos	Consolidación de diseño geométrico revisión y chequeo normativo INVIAS
Descripción	Este proceso busca la consolidación de los diferentes sub-procesos que componen el diseño geométrico de la intersección, de tal forma que sea posible revisar la coherencia geométrica y normativa del diseño de la intersección según lo estipulado por el Manual de Diseño Geométrico INVIAS, de presentarse incongruencias se debe realizar una revisión del diseño hasta que se cumpla la normativa.
Responsable	Ingeniero de vías Coordinador del proyecto
Archivo de entrada	• Informe de diseño geométrico. • Planos de diseño.
Archivo de salida	• Informe de consolidación y chequeo normativo de diseño geométrico.

Características del proceso: evaluación preliminar geológica y geotécnica

ID	PT06
Procesos	Evaluación preliminar geológica y geotécnica
Descripción	El presente proceso tiene como objetivo realizar la identificación de: zonas con movimientos de masa, zonas sísmicas, fuentes de materiales, sitios de botaderos, estructuras necesarias para contenciones, pasos vehiculares, entre otras, por otro lado por medio de análisis y ensayos de laboratorio este proceso aporta las características de las propiedades físicas y mecánicas del suelo los cuales son insumos para otros profesionales
Responsable	Geólogo Ingeniero de suelos Coordinador del proyecto
Archivo de entrada	• Base de datos final como insumo de Fase I & II. • Informe de topografía. • Imágenes aéreas y fotografías de alta resolución.

	• Planos topográficos. • Anexos de topografía. • Diseño geométrico definitivo de intersecciones. • Evaluación preliminar geológica y geotécnica. • Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica. • Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe definitivo geológico y geotécnico. • Memorias de cálculo de evaluación geológica y geotécnica. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Anexos de evaluación geológica y geotécnica.

Características del proceso: estudio definitivo de impacto ambiental.

ID	PT07
Procesos	Estudio definitivo de impacto ambiental
Descripción	El estudio definitivo ambiental en Fase III - Diseños definitivos o ingeniería de detalle, se enfoca al desarrollo definitivo de diseños de las obras de mitigación ambiental, licencias o demás, necesarios para el desarrollo del proyecto, por medio este estudio, desde fases previas, se identifican y se evalúan las afectaciones ambientales que implican la construcción del proyecto sobre la zona de interés, apoyando el proceso de toma de decisiones en la elaboración de programas o planes de manejo ambiental, obras y tramites de licencias o permisos exigidas por parte del órgano ambiental.
Responsable	Ingeniero ambiental Coordinador del proyecto
Archivo de entrada	• Base de datos final como insumo de Fase I & II. • Informe de topografía. • Imágenes aéreas y fotografías de alta resolución. • Planos topográficos. • Anexos de topografía. • Diseño geométrico definitivo de intersecciones. • Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica. • Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Informe de diseño definitivo estructural. • Planos de diseño definitivo estructural. • Estudio definitivo de impacto ambiental. • Informe de estudio del clima. • Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

- Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
- Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.

Archivo de salida	• Informe de estudio definitivo de impacto ambiental. • Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Anexos de estudio definitivo de impacto ambiental.
--------------------------	---

Características del proceso: estudio definitivo hidrología e hidráulica.

ID	PT08
Procesos	Estudio definitivo hidrología e hidráulica
Descripción	Este proceso tiene como objetivo la identificación y ubicación de obras de superficiales y subterráneas que requiere el proyecto, para lo cual se debe contar con la formación de causas, caudales, condiciones del subsuelo, aguas subterráneas, registros históricos, entre otros.
Responsable	Ingeniero de Aguas Ingeniero Estructural Coordinador del proyecto Ingeniero de Suelos
Archivo de entrada	• Base de datos final como insumo de Fase I & II. • Informe de topografía. • Imágenes aéreas y fotografías de alta resolución. • Planos topográficos. • Anexos de topografía. • Diseño geométrico definitivo de intersecciones. • Estudio preliminar hidrología e hidráulica. • Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase
Archivo de salida	• Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica. • Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Anexos de estudio definitivo hidrología e hidráulica.

Características del proceso: diseño definitivo estructural.

ID	PT09
Procesos	Diseño definitivo estructural

Descripción	El diseño definitivo estructural en Fase III - Diseños definitivos o ingeniería de detalle, es el proceso encargado del diseño definitivo a detalle de todos los elementos que componen el proyecto y requieren diseño estructural, entre los cuales se podrían encontrar puentes, túneles, muros, cimentaciones, box-culverts u otros, estas estructuras son propias de cada proyecto y son producto de los requerimientos generados por los diferentes estudios tales como: diseño geométrico, hidráulico, geotécnico, geológico, hidrológico, etc. El diseño estructural debe cumplir los requerimientos mínimos expuestos en: Norma Sismo Resistente NSR-10, Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, emanadas del Instituto Nacional de Vías, Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (CCDSP), AASHTO, entre otras.
Responsable	Arquitecto Coordinador del proyecto Ingeniero estructural Ingeniero de Suelos Ingeniero de Aguas Ingeniero de Pavimentos Ingeniero Climático
Archivo de entrada	• Base de datos final como insumo de Fase I & II. • Informe de topografía. • Imágenes aéreas y fotografías de alta resolución. • Planos topográficos. • Anexos de topografía. • Diseño geométrico definitivo de intersecciones. • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica. • Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Informe de diseño definitivo de pavimentos. • Planos de diseño definitivo de pavimentos. • Diseño preliminar estructural. • Informe de estudio definitivo de impacto ambiental. • Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Informe de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Planos de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Informe de estudio del clima. • Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase
Archivo de salida	• Informe de diseño definitivo estructural. • Planos de diseño definitivo estructural. • Memorias de cálculo estructural.

-
- Anexos de diseño estructural
-

Características del proceso: diseño definitivo de pavimentos.

ID	PT10
Procesos	Diseño definitivo de pavimentos
Descripción	El diseño definitivo de pavimentos en Fase III - Diseños definitivos o ingeniería de detalle corresponde al diseño definitivo de la estructura de pavimento al igual que la definición y caracterización de sus materiales, para lo cual es necesario la ejecución de diferentes actividades tales como: técnicas de exploración y muestreo de los materiales que conforman la subrasante a lo largo del proyecto, ensayos de laboratorio, CBR, entre otras, el diseño de pavimentos debe cumplir con lo establecido en el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS.
Responsable	Ingeniero de pavimentos Coordinador del proyecto
Archivo de entrada	• Base de datos final como insumo de Fase I & II. • Informe de topografía. • Informe de tránsito. • Imágenes aéreas y fotografías de alta resolución. • Planos topográficos. • Anexos de topografía. • Diseño geométrico definitivo de intersecciones. • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Diseño preliminar Pavimentos. • Estudio de variables climáticas. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase
Archivo de salida	• Informe de diseño definitivo de pavimentos. • Planos de diseño definitivo de pavimentos. • Memorias de pavimentos.

Características del proceso: estudio detallado de predios

ID	PT11
Procesos	Estudio detallado de predios
Descripción	Por medio de este estudio es posible la identificación técnica y jurídica de la afectación predial parcial o total por motivo a la construcción del proyecto
Responsable	Coordinador del proyecto Arquitecto Abogado Especialista predial Ingeniero Auxiliar

Archivo de entrada	• Base de datos final como insumo de Fase I & II. • Informe de topografía. • Imágenes aéreas y fotografías de alta resolución. • Planos topográficos. • Anexos de topografía. • Diseño geométrico definitivo de intersecciones. • Estudio de afectación predial. • Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Memorias de estudio predial. • Anexos de estudio predial.

Características del proceso: diseño definitivo urbanístico & paisajismo.

ID	PT12
Procesos	Diseño definitivo urbanístico & paisajismo
Descripción	Este proceso tiene como objetivo garantizar la interacción entre el proyecto y la zona de interés.
Responsable	Arquitecto Coordinador del proyecto
Archivo de entrada	• Base de datos final como insumo de Fase I & II. • Informe de topografía. • Imágenes aéreas y fotografías de alta resolución. • Planos topográficos. • Anexos de topografía. • Informe de diseño geométrico. • Planos de diseño. • Diseño preliminar urbanístico & paisajismo. • Informe de tránsito. • Planos de diseño definitivo de pavimentos. • Informe de estudio del clima. • Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Informe de estudio definitivo de impacto ambiental. • Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase
Archivo de salida	• Informe de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Planos de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Memorias de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Anexos de diseño definitivo urbanístico & paisajismo.

Características del proceso: Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial (SSS&D).

ID	PT13
Procesos	Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial (SSS&D)
Descripción	Por medio del proceso se garantiza la seguridad del trazado desarrollado identificando los posibles requerimientos, amenazas, riesgos y vulnerabilidad del mismo, con lo cual se podrá establecer la señalización y semaforización vial requerida según la normativa vigente satisfaciendo las necesidades del proyecto.
Responsable	Ingeniero de Vías Ingeniero de Transito Coordinador del proyecto
Archivo de entrada	• Diseño geométrico definitivo de intersecciones. • Diseño preliminar señalización vial. • Informe de tránsito. • Planos de diseño definitivo estructural. • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Planos de evaluación geológica y geotécnica.
Archivo de salida	• Informe de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Planos de diseño definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Anexos de diseño definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.

Características del proceso: diseño definitivo de redes de servicio.

ID	PT14
Procesos	Diseño definitivo de redes de servicio
Descripción	Este proceso corresponde al diseño definitivo de las redes: sanitarias, pluviales, acueducto, alumbrado público, comunicaciones y gas, se debe garantizar la correcta disposición y funcionamiento de las redes según reglamentos vigentes.
Responsable	Ingeniero Hidráulico y Sanitario Ingeniero Eléctrico Ingeniero de Telecomunicaciones Ingeniero de Gas Coordinador del proyecto

Archivo de entrada	• Base de datos final como insumo de Fase I & II. • Informe de topografía. • Imágenes aéreas y fotografías de alta resolución. • Planos topográficos. • Anexos de topografía. • Diseño geométrico definitivo de intersecciones. • Planos de hidrología e hidráulica. • Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Diseño preliminar de redes de servicio. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de diseño definitivo de redes de servicio. • Planos de diseño definitivo de redes de servicio. • Anexos de diseño definitivo de redes de servicio.

Características del proceso: estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

ID	PT15
Procesos	Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo
Descripción	Por medio del presente proceso se busca establecer y diseñar las obras, protocolos o planes que permitan disminuir el riesgo que se presenta en las diferentes zonas vulnerables del proyecto ya sean por motivos naturales, socio-naturales, tecnológicos o demás.
Responsable	Geólogo Coordinador del proyecto Ingeniero Ambiental Ingeniero de Suelos Ingeniero Estructural Ingeniero de Aguas Ingeniero Hidráulico y Sanitario
Archivo de entrada	• Base de datos final como insumo de Fase I & I. • Informe de topografía. • Imágenes aéreas y fotografías de alta resolución. • Planos topográficos. • Anexos de topografía. • Diseño geométrico definitivo de intersecciones. • Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica. • Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Estudio de variables climáticas. • Informe de estudio definitivo de impacto ambiental. • Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial.

	• Estudio preliminar de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Memorias de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Anexos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

Características del proceso: estudio del clima.

ID	PT16
Procesos	Estudio del clima Coordinador del proyecto
Descripción	Debido a que los proyectos de infraestructura vial presentan una constante exposición a factores climáticos y fenómenos naturales tales como: variabilidad en la temperatura, exposición al viento y la humedad, temporadas secas y lluviosas, entre otras, el estudio de su impacto en los materiales y elementos que componen el corredor es importante para el desarrollo, desempeño y proyección de su vida útil, por tal motivo este proceso apoya en la selección de métodos de construcción, materiales y el desarrollo de técnicas enfocadas en la mitigación de efectos consecuentes del cambio climático sobre la estructura durante su vida útil.
Responsable	Ingeniero de Aguas Ingeniero Ambiental Arquitecto Ingeniero Climático
Archivo de entrada	• Base de datos final como insumo de Fase I & II. • Informe de topografía. • Imágenes aéreas y fotografías de alta resolución. • Planos topográficos. • Anexos de topografía. • Diseño geométrico definitivo de intersecciones. • Estudio de variables climáticas. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de estudio del clima. • Anexos de estudio del clima.

Características del proceso: consolidación y cruce con los diseños definitivos del proyecto.

ID	PT17
Procesos	Consolidación y cruce con los diseños definitivos del proyecto
Descripción	El objetivo de este proceso es identificar los errores, interferencias o inconsistencias presentes en los diferentes diseños por medio del cruce de diseños de los diferentes estudios, con el fin de realizar los ajustes pertinentes y minimizar las cuestiones de diseño en la Fase de construcción, este proceso se realizara hasta que no se encuentren deficiencias en los diseños.

Responsable	Coordinador del proyecto Ingeniero Auxiliar
Archivo de entrada	• Planos de diseño. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Planos de diseño definitivo estructural. • Planos de diseño definitivo de pavimentos. • Planos de estudio predial. • Planos de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Planos de diseño definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
Archivo de salida	• Informe de consolidación y cruce

Características del proceso: presupuesto definitivo de obra costos directos e indirectos.

ID	PT18
Procesos	Presupuesto definitivo de obra costos directos e indirectos
Descripción	El Presupuesto definitivo de obra en Fase III - Diseños definitivos o ingeniería de detalle está conformado por un conjunto capítulos, subcapítulos e ítems que representan las actividades necesarias para materializar los diseños de los diferentes estudios pertenecientes al proyecto en la Fase de construcción, para la elaboración del presupuesto es necesario generar: la estructura de presupuesto, cantidades de obra, especificaciones técnicas, análisis de precios unitarios APU, cálculo de AIU (administración, imprevistos y utilidades), entre otros. Una vez se tenga el presupuesto definitivo de obra se realiza la programación de obra la cual debe presentar un desarrollo lógico en la secuencia de actividades y se deben contemplar las diferentes restricciones que puedan afectar el desenvolvimiento normal de las obras.
Responsable	Ingeniero de Costos Coordinador del proyecto
Archivo de entrada	• Informe de diseño geométrico. • Planos de diseño • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Informe de estudio definitivo de impacto ambiental. • Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica. • Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Informe de diseño definitivo estructural. • Planos de diseño definitivo estructural. • Informe de diseño definitivo de pavimentos. • Planos de diseño definitivo de pavimentos.

	• Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Informe de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Planos de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Informe de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Planos de diseño definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Informe de estudio del clima.
Archivo de salida	• Presupuesto de obra. • Memoria de cantidades. • APU's. • Especificaciones de obra. • Programación de obra. • Informe de costos. • Presupuesto de lineamiento ambiental. • Presupuesto de AIU. • Cotizaciones.

Características del proceso: planificación del manejo de tráfico.

ID	PT19
Procesos	Planificación del manejo de tráfico
Descripción	El objetivo de este proceso es planificar la movilidad del tráfico por las vías afectadas o parcialmente intervenidas durante el proceso de construcción del proyecto, de tal forma que se puedan evitar los accidentes vehiculares o peatonales y de igual manera mitigar la congestión vial de la intervención.
Responsable	Ingeniero de Transito Coordinador del proyecto
Archivo de entrada	• Planos de diseño. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Planos de diseño definitivo estructural. • Planos de diseño definitivo de pavimentos. • Planos de estudio predial. • Planos de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Planos de diseño definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Presupuesto de obra. • Programación de obra.
Archivo de salida	• Plan de manejo de tráfico

Características del proceso: consolidación de documentación referente a entrega final Fase III.

ID	PT20
Procesos	Consolidación de documentación referente a entrega final Fase III
Descripción	Corresponde a la preparación digital y física de documentación final generada durante el desarrollo de los diferentes estudios para la entrega de oficial del proyecto al ser finalizada la Fase III - Diseños definitivos o ingeniería de detalle.
Responsable	Coordinador del Proyecto Ingeniero Auxiliar
Archivo de entrada	• Informe de tránsito. • Modelo alternativa de solución. • Carteras de campo. • Fotografías de campo. • Anexos de tránsito • Informe de diseño geométrico. • Planos de diseño • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Memorias de cálculo de evaluación geológica y geotécnica. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Anexos de evaluación geológica y geotécnica. • Informe de estudio definitivo de impacto ambiental. • Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Anexos de estudio definitivo de impacto ambiental. • Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica. • Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Anexos de estudio definitivo hidrología e hidráulica. • Informe de diseño definitivo estructural. • Planos de diseño definitivo estructural. • Memorias de cálculo estructural. • Anexos de diseño estructural • Informe de diseño definitivo de pavimentos. • Planos de diseño definitivo de pavimentos. • Memorias de pavimentos. • Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Memorias de estudio predial. • Anexos de estudio predial. • Informe de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Planos de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Memorias de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Anexos de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Informe de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Planos de diseño definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.

	• Anexos de diseño definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Planos • de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Memorias de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Anexos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Informe de estudio del clima. • Anexos de estudio del clima. • Presupuesto de obra. • Memoria de cantidades. • APU's. • Especificaciones de obra. • Programación de obra. • Informe de costos. • Presupuesto de lineamiento ambiental. • Presupuesto de AIU. • Cotizaciones
Archivo de salida	Entrega final Fase III

Nota: Los procesos correspondientes al diseño geométrico deben dar validez al diseño, para lo cual, se deben cumplir con los criterios mínimos y máximos estipulados en la norma vigente, *Manual de Diseño Geométrico INVIA* (Instituto Nacional de Invias, 2008), de no cumplir con la normativa se deben iterar los diferentes sub-procesos del diseño hasta dar cumplimiento a la totalidad de esta.

Los productos generados por cada proceso deberán responder a los requerimientos exigidos en la Fase de construcción del proyecto y trámites previos a esta Fase.

Anexos B “Contenido de documentos”

Contenido de los documentos desarrollados en los procesos relacionados con la metodología tradicional

Características del archivo: Informe de diseño geométrico.

ID	AR01
Nombre del archivo	Informe de diseño geométrico
Contenido	1. Objetivo y alcances. 2. Información geográfica georreferenciada. 3. Criterios de diseño. Volumen de entrecruzamiento. 4. Diseño de la sección de entrecruzamiento. Longitud mínima de entrecruzamiento. Número mínimo de carriles de entrecruzamiento. 5. Asignación de controles de diseño de las calzadas principal y secundaria de la intersección. Identificación de tramos homogéneos. Asignación de velocidades a tramos homogéneos. Vehículo de diseño. Distancias de visibilidad. 6. Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. Peralte. Radios de curvas horizontales. Velocidades de diseño de los elementos de las curvas horizontales. Cálculo de los elementos del empalme espiral – círculo – espiral. Cálculo de los elementos del empalme circular simple. 7. Cálculo de entre-tangencias. 8. Diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección. Pendientes de rampa de peraltes. Longitud de transición. Longitud de aplanamiento.

-
- Diagramas de transición de peralte.
9. Diseño de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Cálculo de entre-tangencias.
Chequeo de longitud mínima de entre-tangencias.
Chequeo de longitud máxima de entre-tangencias.
10. Diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Pendientes de tangentes verticales.
Velocidades de diseño de los elementos de las curvas verticales.
Longitud de tangentes.
Longitud de la curva vertical.
Cálculo de los elementos geométricos de la curva vertical simétrica.
Cálculo de los elementos geométricos de la curva vertical asimétrica.
11. Diseño de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Ancho de zona.
Selección de secciones transversales.
Bombeo
Planteamiento de cunetas.
Planteamiento de andenes.
Planteamiento de separadores
Diseño de intersecciones a Nivel no canalizadas.
- I. Diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada.
Revisión y definición de distancias de cruce.
Revisión de ángulos de entrada.
Radios de diseño de las curvas.
Cálculo de los elementos del empalme circular simple.
- II. Diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada.
Pendientes máximas y mínimas de tangentes verticales.
Velocidades de diseño de los elementos de las curvas verticales.
Diferencia algebraica.
K_{mín}.
Longitud de la curva vertical.
Cálculo de los elementos geométricos de la curva vertical simétrica.
Cálculo de los elementos geométricos de la curva vertical asimétrica.
- III. Diseño de la sección transversal de la intersección a nivel no canalizada.
Sección transversal.
Ancho de calzada.
Bombeo.
Berma.
-

-
- Planteamiento de cunetas.
 - Planteamiento de andenes.
 - Planteamiento de separadores.
 - 12. Diseño de intersecciones tipo Trébol, T o Trompeta y glorietas.
 - I. Diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta.
 - Anchos de entrada.
 - Longitud de entrecruzamiento.
 - Capacidad de la sección de entrecruzamiento.
 - Ángulos de entrada y salida.
 - II. Diseño de pasos a desnivel.
 - Pre-dimensionamiento de paso peatonal.
 - Pre-dimensionamiento del gálibo del paso subterráneo vehicular
 - Distancia de visibilidad.
 - Ubicación del paso elevado.
 - Pre-dimensionamiento del gálibo del paso elevado vehicular.
 - III. Diseño horizontal de Los ramales de enlace.
 - Distancias de visibilidad.
 - Velocidades de diseño de los ramales.
 - Peraltes de los ramales.
 - Radios de los ramales.
 - Cálculo de los elementos del empalme circular simple.
 - IV. Caracterización de isletas.
 - V. Diseño de la sección transversal de los ramales de enlace.
 - Sección transversal.
 - Ancho de calzada.
 - Bombeo.
 - Berma.
 - Planteamiento de cunetas.
 - Planteamiento de andenes.
 - Planteamiento de separadores.
 - VI. Caracterización de abertura de separador central.
 - VII. Caracterización de carriles exclusivos de giro a la izquierda.
 - Ancho de carril de giro.
 - Longitud del carril de giro.
 - Longitud de transición del carril de giro.
 - VIII. Caracterización de carriles de aceleración.
 - Ancho de carril de aceleración.
 - Longitud del carril de aceleración.
 - Longitud de transición del carril de aceleración.
 - IX. Caracterización de carriles de desaceleración.
 - Ancho de carril de desaceleración.
 - Longitud del carril de desaceleración.
 - Longitud de transición del carril de desaceleración.
 - X. Diseño vertical de Los ramales de enlace.
 - Pendientes máximas y mínimas de tangentes verticales.
 - Velocidades de diseño de los elementos de las curvas verticales.
-

	Diferencia algebraica. <i>K_{mín}</i> . Longitud de la curva vertical. Cálculo de los elementos geométricos de la curva vertical simétrica. Cálculo de los elementos geométricos de la curva vertical asimétrica. XI. Definición de la transición de peralte de ramales de enlace. Pendientes de rampa de peraltes. Longitud de transición. Longitud de aplanamiento. Diagramas de transición de peralte. 13. Análisis de movimientos de tierra. 14. Costos y cantidades de obra. 15. Conclusiones y recomendaciones
Formato	.docx

Características del archivo: planos de diseño.

ID	AR02
Nombre del archivo	Planos de diseño
Contenido	1. Ubicación geográfica del proyecto. 2. Planos en planta del diseño geométrico. 3. Planos en perfil del diseño geométrico. 4. Planos en planta del diseño geométrico de detalle. 5. Planos en perfil del diseño geométrico de detalle. 6. Planos de detalle. 7. Secciones transversales tipo. 8. Perfiles transversales.
Formato	.dwg

Características del archivo: memoria de cálculo de diseño de la sección de entrecruzamiento.

ID	AR03
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de diseño de la sección de entrecruzamiento
Contenido	1. Volumen de entrecruzamiento. 2. Longitud mínima de entrecruzamiento. 3. Número mínimo de carriles de entrecruzamiento.
Formato	.xlsx

Características del archivo: memoria de cálculo de controles de diseño de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	AR04
-----------	-------------

Nombre del archivo	Memoria de cálculo de controles de diseño de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Contenido	1. Identificación de tramos homogéneos. 2. Asignación de velocidades. 3. Vehículo de diseño. 4. Distancias de visibilidad
Formato	.xlsx

Características del archivo: memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	AR05
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Contenido	1. Peralte. 2. Radios de curvas horizontales. 3. Velocidades de diseño de los elementos de las curvas horizontales. 4. Cálculo de los elementos del empalme espiral – círculo – espiral. 5. Cálculo de los elementos del empalme circular simple. 6. Cálculo de entretangencias.
Formato	.xlsx

Características del archivo: planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	AR06
Nombre del archivo	Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Contenido	1. Alineamiento del eje horizontal. 2. Elementos de las curvas horizontales. 3. Abciscado.
Formato	.dwg

Características del archivo: memoria de cálculo de diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	AR07
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Contenido	1. Pendientes de rampa de peraltes. 2. Longitud de transición. 3. Longitud de aplanamiento. 4. Diagramas de transición de peralte.
Formato	.xlsx

Características del archivo: memoria de cálculo de diseño de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	AR08
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de diseño de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Contenido	1. Cálculo de entretangencia. 2. Chequeo de longitud mínima de entretangencias. 3. Chequeo de longitud máxima de entretangencias.
Formato	.xlsx

Características del archivo: memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	AR09
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Contenido	1. Pendientes de tangentes verticales. 2. Velocidades de diseño de los elementos de las curvas verticales. 3. Longitud de tangentes. 4. Longitud de la curva vertical. 5. Cálculo de los elementos geométricos de la curva vertical simétrica. 6. Cálculo de los elementos geométricos de la curva vertical asimétrica.
Formato	.xlsx

Características del archivo: planos de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	AR10
Nombre del archivo	Planos de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Contenido	1. Alineamiento del eje vertical. 2. Elementos de las curvas verticales. 3. Pendientes verticales.
Formato	.dwg

Características del archivo: memoria de cálculo de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	AR11
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Contenido	1. Ancho de zona. 2. Selección de secciones transversales. 3. Bombeo. 4. Planteamiento de cunetas. 5. Planteamiento de andenes.

6. Planteamiento de separadores.

Formato	.xlsx
----------------	-------

Características del archivo: memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada.

ID	AR12
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada
Contenido	1. Revisión y definición de distancias de cruce. 2. Revisión de ángulos de entrada. 3. Radios de diseño de las curvas. 4. Cálculo de los elementos del empalme circular simple.
Formato	.xlsx

Características del archivo: planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada.

ID	AR13
Nombre del archivo	Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada
Contenido	1. Alineamiento del eje horizontal. 2. Elementos de las curvas horizontales. 3. Abscisado.
Formato	.dwg

Características del archivo: memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada.

ID	AR14
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada
Contenido	1. Pendientes máximas y mínimas de tangentes verticales. 2. Velocidades de diseño de los elementos de las curvas verticales. 3. Diferencia algebraica. 4. Kmín. 5. Longitud de la curva vertical. 6. Cálculo de los elementos geométricos de la curva vertical simétrica. 7. Cálculo de los elementos geométricos de la curva vertical asimétrica.
Formato	.xlsx

Características del archivo: planos de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	AR15
Nombre del archivo	Planos de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Contenido	4. Alineamiento del eje vertical. 5. Elementos de las curvas verticales. 6. Pendientes verticales.
Formato	.dwg

Características del archivo: memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de la intersección a nivel no canalizada

ID	AR16
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de la intersección a nivel no canalizada
Contenido	1. Sección transversal. 2. Ancho de calzada. 3. Bombeo. 4. Berma. 5. Planteamiento de cunetas. 6. Planteamiento de andenes. 7. Planteamiento de separadores.
Formato	.xlsx

Características del archivo: memoria de cálculo de diseño de pasos a desnivel.

ID	AR17
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de diseño de pasos a desnivel
Contenido	1. Pre-dimensionamiento de paso peatonal. 2. Pre-dimensionamiento del gálibo del paso subterráneo vehicular. 3. Distancia de visibilidad. 4. Ubicación del paso elevado. 5. Pre-dimensionamiento del gálibo del paso elevado vehicular.
Formato	.xlsx

Características del archivo: planos de diseño de pasos a desnivel.

ID	AR18
Nombre del archivo	Planos de diseño de pasos a desnivel
Contenido	1. Ubicación en planta del paso a desnivel. 2. Cortes del paso a desnivel. 3. Sección transversal de paso a desnivel. 4. Dimensionamiento del paso a desnivel.

Formato	.dwg
----------------	------

Características del archivo: memoria de cálculo de diseño horizontal de los ramales de enlace

ID	AR19
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de diseño horizontal de los ramales de enlace
Contenido	1. Distancias de visibilidad. 2. Velocidades de diseño de los ramales. 3. Peraltes de los ramales. 4. Radios de los ramales. 5. Cálculo de los elementos del empalme circular simple.
Formato	.xlsx

Características del archivo: planos de diseño horizontal de los ramales de enlace.

ID	AR20
Nombre del archivo	Planos de diseño horizontal de los ramales de enlace
Contenido	4. Alineamiento del eje horizontal de los ramales. 5. Elementos de las curvas horizontales de los ramales. 6. Abscisado de los ramales.
Formato	.dwg

Características del archivo: memoria de cálculo de la caracterización de isletas.

ID	AR21
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de la caracterización de isletas
Contenido	1. Dimensionamiento de las isletas. 2. Ubicación de las isletas. 3. Especificaciones de las isletas.
Formato	.xlsx

Características del archivo: memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de los ramales de enlace.

ID	AR22
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de los ramales de enlace
Contenido	4. Sección transversal. 5. Ancho de calzada. 6. Bombeo. 7. Berma. 8. Planteamiento de cunetas. 9. Planteamiento de andenes.

10. Planteamiento de separadores.

Formato	.xlsx
----------------	-------

Características del archivo: memoria de cálculo de la caracterización de abertura de separador central.

ID	AR23
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de la caracterización de abertura de separador central
Contenido	1. Apertura de separador central. 2. Ubicación de separadores. 3. Especificación de separadores.
Formato	.xlsx

Características del archivo: memoria de carriles exclusivos de giro a la izquierda.

ID	AR24
Nombre del archivo	Memoria de carriles exclusivos de giro a la izquierda
Contenido	1. Ancho de carril de giro. 2. Longitud del carril de giro. 3. Longitud de transición del carril de giro.
Formato	.xlsx

Características del archivo: planos de carriles exclusivos de giro a la izquierda.

ID	AR25
Nombre del archivo	Planos de carriles exclusivos de giro a la izquierda
Contenido	1. Alineamiento del eje horizontal del carril de giro. 2. Elementos y dimensionamiento del carril de giro. 3. Abscisado del carril de giro.
Formato	.dwg

Características del archivo: memoria de cálculo de la caracterización de carriles de aceleración.

ID	AR26
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de la caracterización de carriles de aceleración

Contenido	1. Ancho de carril de aceleración. 2. Longitud del carril de aceleración. 3. Longitud de transición del carril de aceleración.
Formato	.xlsx

Características del archivo: planos de la caracterización de carriles de aceleración.

ID	AR27
Nombre del archivo	Planos de la caracterización de carriles de aceleración
Contenido	4. Alineamiento del eje horizontal del carril de aceleración. 5. Elementos y dimensionamiento del carril de aceleración. 6. Abscisado del carril de aceleración.
Formato	.dwg

Características del archivo: memoria de cálculo de la caracterización de carriles de desaceleración.

ID	AR28
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de la caracterización de carriles de desaceleración
Contenido	1. Ancho de carril de desaceleración. 2. Longitud del carril de desaceleración. 3. Longitud de transición del carril de desaceleración.
Formato	.xlsx

Características del archivo: planos de la caracterización de carriles de desaceleración.

ID	AR29
Nombre del archivo	Planos de la caracterización de carriles de desaceleración
Contenido	7. Alineamiento del eje horizontal del carril de desaceleración. 8. Elementos y dimensionamiento del carril de desaceleración. 9. Abscisado del carril de desaceleración.
Formato	.dwg

Características del archivo: memoria de cálculo de diseño vertical de los ramales de enlace.

ID	AR30
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de diseño vertical de los ramales de enlace
Contenido	1. Pendientes máximas y mínimas de tangentes verticales. 2. Velocidades de diseño de los elementos de las curvas verticales. 3. Diferencia algebraica. 4. <i>Kmín</i> . 5. Longitud de la curva vertical.

	6. Cálculo de los elementos geométricos de la curva vertical simétrica.
	7. Cálculo de los elementos geométricos de la curva vertical asimétrica.
Formato	.xlsx

Características del archivo: planos de diseño de vertical de los ramales de enlace.

ID	AR31
Nombre del archivo	Planos de diseño de vertical de los ramales de enlace
Contenido	1. Alineamiento del eje vertical de los ramales de enlace. 2. Elementos de las curvas verticales de los ramales de enlace. 3. Pendientes verticales de los ramales de enlace.
Formato	.dwg

Características del archivo: memoria de la transición de peralte de ramales de enlace.

ID	AR32
Nombre del archivo	Memoria de la transición de peralte de ramales de enlace
Contenido	1. Pendientes de rampa de peraltes. 2. Longitud de transición. 3. Longitud de aplanamiento. 4. Diagramas de transición de peralte.
Formato	.xlsx

Características del archivo: memoria de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta.

ID	AR33
Nombre del archivo	Memoria de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta
Contenido	1. Anchos de entrada. 2. Longitud de entrecruzamiento. 3. Capacidad de la sección de entrecruzamiento. 4. Ángulos de entrada y salida.
Formato	.xlsx

Características del archivo: planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta.

ID	AR34
Nombre del archivo	Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta
Contenido	10. Alineamiento del eje horizontal de la glorieta. 11. Elementos y dimensionamiento de la glorieta. 12. Abscisado de la glorieta.
Formato	.dwg

Características del archivo: memoria de cálculo de diseño vertical de la glorieta.

ID	AR35
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de diseño vertical de la glorieta
Contenido	5. Anchos de entrada. 6. Longitud de entrecruzamiento. 7. Capacidad de la sección de entrecruzamiento. 8. Ángulos de entrada y salida.
Formato	.xlsx

Características del archivo: planos de diseño de vertical de la glorieta.

ID	AR36
Nombre del archivo	Planos de diseño de vertical de la glorieta
Contenido	13. Alineamiento del eje horizontal de la glorieta. 14. Elementos y dimensionamiento de la glorieta. 15. Abscisado de la glorieta.
Formato	.dwg

Características del archivo: memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de la glorieta.

ID	AR37
Nombre del archivo	Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de la glorieta
Contenido	9. Anchos de entrada. 10. Longitud de entrecruzamiento. 11. Capacidad de la sección de entrecruzamiento. 12. Ángulos de entrada y salida.
Formato	.xlsx

Características del archivo: informe de consolidación y chequeo normativo de diseño geométrico.

ID	AR38
Nombre del archivo	Informe de consolidación y chequeo normativo de diseño geométrico
Contenido	1. Introducción. 2. Objetivos y alcances. 3. Metodología y alcance de consolidación y cruce. 4. Inconsistencias. Tipo de inconsistencia. Diseños relacionados a la inconsistencia. Descripción de la inconsistencia.

-
- Ubicación de la inconsistencia.
Referencia del documento consultado.
5. Observaciones y recomendaciones

Formato .docx

Anexo C “Caracterización de procesos BIM”

Fichas de características de los procesos de diseño geométrico de la metodología

propuesta BIM

Características del proceso BIM: Actualización de levantamiento de redes existentes

ID	PBIM01
Procesos	Actualización de levantamiento de redes existentes
Descripción	El presente proceso tiene como objetivo el levantamiento y modelado tridimensional de los elementos existentes en la zona del proyecto correspondientes a las redes: hidráulicas, sanitarias, pluviales, eléctricas, telecomunicaciones y gas, este modelo permitirá la identificación de las redes que se deberán trasladar o remplazar durante el proceso de construcción además de disminuir el riesgo de interferencias de las nuevas obras propuestas para el proyecto con las obras ya existentes, para el levantamiento de información se pueden usar equipos de alta precisión como scanner laser- nube de puntos, vuelos con drones, scanner laser terrestre, entre otros, los cuales tiene compatibilidad con los softwares de modelado 3D propuestos para la presente investigación.
Participantes	Coordinador del proyecto Ingeniero Auxiliar Líder BIM Líder IPD Líder Lean
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D.

	• Anexos de topografía. • Modelo 3D geométrico. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Informe preliminar levantamiento de redes existentes. • Modelo 3D preliminar levantamiento de redes existentes. • Guía levantamiento preliminar levantamiento de redes existentes. • Especificaciones LOD preliminar levantamiento de redes existentes. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe levantamiento de redes existentes. • Modelo 3D levantamiento de redes existentes. • Guía levantamiento de redes existentes. • Especificaciones LOD redes existentes.
Uso de BIM	• Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto (UBIM1). • Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2). • Análisis de instalaciones subterráneas (UBIM35). • Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM7).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: actualización del entorno de la intersección.

ID	PBIM02
Procesos	Actualización del entorno de la intersección
Descripción	El presente proceso tiene como objetivo el levantamiento y modelado tridimensional de los elementos existentes en el entorno de la zona del proyecto, este modelo permitirá la identificación los elementos como: edificaciones, puentes, urbanismo, estructuras informales, entre otros que pueden ser afectados durante el proceso de construcción, además, de disminuir su riesgo de interferencias con las nuevas propuestas del proyecto. Para generar el modelo del entorno se parte de una estimación realizada desde el software a partir de un generador de modelos el cual permite obtener la superficie topográfica con la imagen satelital asociada a la zona de interés y los corredores viales con estilos predeterminados, para su complemento se debe realizar un levantamiento en campo el cual puede ser por medio de equipos de alta precisión tales como: vuelos con drones, entre otros, los cuales tiene compatibilidad con los softwares de modelado 3D propuestos para la presente investigación.

Participantes	Coordinador del proyecto Ingeniero Hidráulico y Sanitario Ingeniero de Telecomunicaciones Ingeniero de Gas Ingeniero de pavimentos Ingeniero de Aguas Ingeniero de suelos Ingeniero de Vías Ingeniero Eléctrico Ingeniero Estructural Líder BIM Líder IPD Líder Lean Ingeniero Auxiliar
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D. • Anexos de topografía. • Modelo 3D geométrico. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Informe preliminar levantamiento de redes existentes, Modelo 3D. • Modelo 3D preliminar levantamiento de redes existentes, Modelo 3D. • Informe preliminar entorno de la intersección. • Modelo 3D preliminar entorno de la intersección. • Guía entorno preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD entorno preliminar de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe entorno de la intersección. • Modelo 3D entorno de la intersección. • Guía entorno de la intersección. • Especificaciones LOD entorno de la intersección.
Uso de BIM	• Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto (UBIM1).

	• Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2).
Herramienta	• Visual Management (VM).
LEAN	• Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: consolidación de documentación referente a entrega final Fase III.

ID	PBIM03
Procesos	Consolidación de documentación referente a entrega final Fase III
Descripción	Corresponde a la preparación digital y física de documentación final generada durante el desarrollo de los diferentes estudios para la entrega de oficial del proyecto al ser finalizada la Fase III - Diseños definitivos o ingeniería de detalle.
Participantes	Coordinador del Proyecto Líder BIM Líder IPD Líder Lean Ingeniero Auxiliar
Carpetas de entrada	• Alcance y especificaciones del proyecto IPD. • Actualización de levantamiento de redes existentes (PBIM01). • Actualización del entorno de la intersección (PBIM02). • Consolidación y chequeo de interferencias de diseños definitivos (PBIM04). • Consolidación de las condiciones existentes (PBIM05). • Diseño definitivo de Pavimentos (PBIM06). • Diseño definitivo de redes de servicio (PBIM07). • Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial (SSS&D) (PBIM08). • Diseño definitivo estructural (PBIM09). • Diseño definitivo hidráulico (PBIM010). • Diseño definitivo urbanístico & paisajismo (PBIM11). • Diseño geométrico definitivo de intersecciones (PBIM12). • Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (PBIM13). • Estudio de estructuras existentes (PBIM14). • Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio (PBIM15). • Estudio definitivo de impacto ambiental (PBIM16). • Estudio definitivo hidrología e hidráulica (PBIM17). • Estudio del clima (PBIM18). • Estudio detallado de predios (PBIM19). • Evaluación del presupuesto cronograma de obra y a análisis de constructibilidad definitivo (PBIM20). • Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Planificación del manejo de tráfico (PBIM23).

**Especificación
de carpetas de
entrada**

-
- Simulación definitiva de tránsito (PBIM25).
 - Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II.
-
- Informe de tránsito.
 - Modelo 3D alternativa.
 - Carteras de campo.
 - Fotografías de campo.
 - Metodología de trabajo y toma de información en campo.
 - Análisis de requerimientos en campo.
 - Procesamiento y tratamiento de datos.
 - Especificaciones LOD tránsito.
 - Anexos de tránsito.
 - Informe topográfico localización del eje y nivelación.
 - Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación
 - Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D
 - Carteras de campo localización del eje y nivelación
 - Especificaciones LOD localización del eje y nivelación
 - Anexos de topografía localización del eje y nivelación
 - Informe de diseño geométrico.
 - Planos de diseño.
 - Modelo 3D definitivo intersección vial
 - Guía geométrica.
 - Especificaciones LOD geométrico.
 - Informe definitivo geológico y geotécnico.
 - Planos de evaluación geológica y geotécnica.
 - Modelo 3D geológico y geotécnico.
 - Anexos de evaluación geológica y geotécnica.
 - Guía geológica y geotécnica.
 - Especificaciones LOD geológica y geotécnica.
 - Informe de estudio definitivo de impacto ambiental.
 - Planos de diseño de obras de mitigación ambiental.
 - Modelo 3D obras de mitigación ambiental.
 - Anexos de estudio definitivo de impacto ambiental.
 - Guía impacto ambiental.
 - Especificaciones LOD impacto ambiental.
 - Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica.
 - Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica.
 - Modelo 3D hidrología e hidráulica.
 - Anexos de estudio definitivo hidrología e hidráulica.
 - Guía hidrología e hidráulica.
 - Especificaciones LOD hidrología e hidráulica.
 - Informe de diseño definitivo estructural.

- Planos de diseño definitivo estructural.
- Modelo 3D estructural.
- Anexos de diseño estructural.
- Guía estructural.
- Especificaciones LOD diseño estructural.
- Informe de diseño definitivo de pavimentos.
- Planos de diseño definitivo de pavimentos.
- Modelo 3D pavimentos.
- Memorias de pavimentos.
- Guía pavimentos.
- Especificaciones LOD pavimentos.
- Informe de estudio detallado predial.
- Planos de estudio predial.
- Modelo 3D afectación predial.
- Anexos de estudio predial.
- Guía predial.
- Especificaciones LOD predial.
- Informe de diseño definitivo urbanístico & paisajismo.
- Planos de diseño definitivo urbanístico & paisajismo.
- Modelo 3D urbanístico & paisajismo.
- Anexos de diseño definitivo urbanístico & paisajismo.
- Guía urbanismo & paisajismo.
- Especificaciones LOD definitivo urbanístico & paisajismo.
- Informe de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.
- Planos de diseño definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.
- Modelo 3D definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.
- Anexos de diseño definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.
- Guía seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.
- Especificaciones LOD seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.
- Informe de diseño definitivo de redes de servicio.
- Planos de diseño definitivo de redes de servicio.
- Modelo 3D de redes de servicio.
- Anexos de diseño definitivo de redes de servicio.
- Guía redes de servicio.
- Especificaciones LOD redes de servicio.
- Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
- Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
- Modelo 3D amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

- Anexos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
- Guía amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
- Especificaciones LOD amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
- Informe de estudio del clima.
- Modelo 3D climatológico
- Anexos de estudio del clima.
- Especificaciones LOD estudio del clima.
- Informe de consolidación y cruce.
- Presupuesto de obra.
- Memoria de cantidades.
- APU's.
- Especificaciones de obra.
- Programación de obra.
- Informe de costos.
- Presupuesto de lineamiento ambiental.
- Presupuesto de AIU.
- Modelo 4D planificación de la construcción.
- Modelo 5D análisis del costo del corredor vial.
- Cotizaciones.
- Especificaciones LOD modelo 4D y 5D
- Plan de manejo de tráfico
- Informe levantamiento de redes existentes.
- Modelo 3D levantamiento de redes existentes.
- Guía levantamiento de redes existentes.
- Especificaciones LOD redes existentes.
- Informe entorno de la intersección.
- Modelo 3D entorno de la intersección.
- Guía entorno de la intersección.
- Especificaciones LOD entorno de la intersección..
- Informe de consolidación de condiciones existentes.
- Modelo 3D consolidación condiciones existentes.
- Guía consolidación de condiciones existentes.
- Especificaciones LOD condiciones existentes.
- Informe de diseño definitivo de hidráulica.
- Planos de diseño definitivo de hidráulica.
- Modelo 3D definitivo de hidráulica.
- Anexos de diseño definitivo de hidráulica.
- Guía de hidráulica.
- Especificaciones LOD hidráulica.
- Informe definitivo estudio de estructuras existentes.
- Modelo 3D definitivo estudio de estructuras existentes.

	• Guía levantamiento de redes existentes. • Especificaciones LOD estructuras existentes • Informe de simulación. • Modelo 3D simulación de alternativa. • Procesamiento y tratamiento de datos. • Especificaciones LOD simulación de alternativa.
Archivo de salida	• Entrega final Fase III.
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: consolidación y chequeo de interferencias de diseños definitivos.

ID	PBIM04
Procesos	Consolidación y chequeo de interferencias de diseños definitivos
Descripción	Para el desarrollo del presente proceso se recomienda iniciar con la creación de un modelo 3D central al proyecto el cual debe contar con las configuraciones iniciales del programa tales como: unidades, coordenadas, niveles, entre otras, de tal forma que se pueda continuar con la importación de cada una de las disciplinas con el cuales se desea realizar el cruce para análisis e identificación de interferencias, una vez realizado esto esté análisis es posible realizar la generación automática de documentos como reportes de colisiones los cuales serán comunicados a cada uno de los responsables del diseño, esta actividad se debe realizar hasta que no se presenten inconsistencias u errores de diseño entre las diferente disciplinas.
Participantes	Coordinador del proyecto Líder BIM Líder IPD Líder Lean Ingeniero Auxiliar
Carpetas de entrada	• Actualización de levantamiento de redes existentes (PBIM01). • Actualización del entorno de la intersección (PBIM02). • Diseño definitivo de Pavimentos (PBIM06). • Diseño definitivo de redes de servicio (PBIM07). • Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial (SSS&D) (PBIM08). • Diseño definitivo estructural (PBIM09). • Diseño definitivo hidráulico (PBIM010). • Diseño definitivo urbanístico & paisajismo (PBIM11). • Diseño geométrico definitivo de intersecciones (PBIM12).

	• Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (PBIM13). • Estudio de estructuras existentes (PBIM14). • Estudio definitivo de impacto ambiental (PBIM16). • Estudio definitivo hidrología e hidráulica (PBIM17). • Estudio detallado de predios (PBIM19). • Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22).
Especificación de carpetas de entrada	• Modelo 3D definitivo intersección vial. • Modelo 3D geológico y geotécnico. • Modelo 3D obras de mitigación ambiental. • Modelo 3D hidrología e hidráulica. • Modelo 3D hidráulica. • Modelo 3D estructural. • Modelo 3D pavimentos. • Modelo 3D afectación predial. • Modelo 3D preliminar urbanístico & paisajismo. • Modelo 3D definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Modelo 3D de redes de servicio. • Modelo 3D preliminar de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Modelo 3D levantamiento de redes existentes. • Modelo 3D entorno de la intersección. • Modelo 3D definitivo estudio de estructuras existentes. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de consolidación y cruce. • Modelo 3D consolidación.
Uso de BIM	• Análisis de interferencias e inconsistencias de diseño (UBIM4). • Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2). • Revisión automática de diseños (UBIM5).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: Consolidación de las condiciones existentes.

ID	PBIM05
Procesos	Consolidación de las condiciones existentes

Descripción	El presente proceso tiene como objetivo la consolidación de estructuras existentes referentes a la zona de interés tales como: redes en general, edificaciones, vías, fuentes hídricas, urbanismo, zonas verdes, bosques, zonas vulnerables, zonas de inestabilidad, entre otras, con el fin de restringir y definir la afectación del trazado geométrico y obras complementarias del proyecto, el producto de este proceso es importante para la toma de decisiones.
Participantes	Coordinador del proyecto Líder BIM Líder IPD Líder Lean Ingeniero Auxiliar
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Actualización de levantamiento de redes existentes (PBIM01). • Actualización del entorno de la intersección (PBIM02). • Estudio de estructuras existentes (PBIM14). • Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio (PBIM15). • Estudio definitivo hidrología e hidráulica (PBIM17). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D. • Anexos de topografía. • Modelo 3D geométrico. • Modelo 3D preliminar levantamiento de redes existentes. • Modelo 3D entorno de la intersección. • Modelo 3D definitivo estudio de estructuras existentes. • Modelo 3D alternativa. • Modelo 3D hidrología e hidráulica. • Informe preliminar de consolidación de condiciones existentes. • Modelo 3D preliminar de consolidación condiciones existentes. • Guía consolidación preliminar de condiciones existentes. • Especificaciones LOD consolidación preliminar de condiciones existentes. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
	• Informe de consolidación de condiciones existentes.

Archivo de salida	• Modelo 3D consolidación condiciones existentes. • Guía consolidación de condiciones existentes. • Especificaciones LOD condiciones existentes.
Uso de BIM	• Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto (UBIM1). • Revisión automática de diseños (UBIM5).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: diseño definitivo de Pavimentos.

ID	PBIM06
Procesos	Diseño definitivo de Pavimentos
Descripción	Partiendo del proceso PT10, el diseño definitivo de pavimentos con el uso de tecnologías BIM contempla el análisis del pavimento correspondiente a la intersección, este proceso se realiza asignando en un modelo tridimensional las características de las diferentes capas de diseño tales como: materiales, espesores, resistencias, entre otras, su diseño parte del modelo tridimensional de corredor vial el cual es exportado al software de análisis especializado de pavimentos y en cuyo software se debe garantizar el cumplimiento normativo al igual que el análisis de interferencias y la estimación de costos y cantidades.
Participantes	Ingeniero de pavimentos Coordinador del proyecto Líder BIM Líder IPD Líder Lean
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño geométrico definitivo de intersecciones (PBIM12). • Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio (PBIM15). • Estudio del clima (PBIM18). • Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D. • Anexos de topografía. • Informe de diseño geométrico. • Planos de diseño. • Modelo 3D definitivo intersección vial

	• Informe de tránsito. • Modelo 3D alternativa. • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Modelo 3D geológico y geotécnico. • Diseño preliminar de pavimentos. • Modelo 3D preliminar de pavimentos. • Planos de diseño definitivo de pavimentos. • Memoria preliminar de pavimentos. • Guía preliminar de pavimentos. • Especificaciones LOD preliminar de pavimentos. • Informe de estudio del clima. • Modelo 3D estudio del clima. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de diseño definitivo de pavimentos. • Planos de diseño definitivo de pavimentos. • Modelo 3D pavimentos. • Memorias de pavimentos. • Guía pavimentos. • Especificaciones LOD pavimentos.
Uso de BIM	• Análisis de interferencias e inconsistencias de diseño (UBIM4). • Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2). • Revisión automática de diseños (UBIM5). • Análisis del pavimento del corredor vial (UBIM6). • Estimación de costos y cantidades (UBIM31).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: diseño definitivo de redes de servicio.

ID	PBIM07
Procesos	Diseño definitivo de redes de servicio
Descripción	Este proceso corresponde al diseño, análisis y modelado tridimensional de los accesorios, tubería, cajas y demás, correspondiente a los diseños definitivos de las redes de: alumbrado público, comunicaciones y gas, para las cuales se debe garantizar: el cumplimiento normativo, la solución de interferencias o inconsistencias de diseño, la estimación de cantidades y costos de obra, al igual que la correcta disposición y funcionamiento de las redes.

Participantes	Ingeniero Eléctrico Ingeniero de Telecomunicaciones Ingeniero de Gas Coordinador del proyecto Líder BIM Líder IPD Líder Lean
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño definitivo estructural (PBIM09). • Diseño geométrico definitivo de intersecciones (PBIM12). • Estudio detallado de predios (PBIM19). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D • Anexos de topografía • Informe de diseño definitivo estructural. • Planos de diseño definitivo estructural. • Modelo 3D estructural. • Informe de diseño geométrico. • Planos de diseño. • Modelo 3D definitivo intersección vial • Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Modelo 3D afectación predial. • Diseño preliminar de redes de servicio. • Modelo 3D preliminar de redes de servicio. • Planos de diseño preliminar de redes de servicio. • Anexos de diseño preliminar de redes de servicio. • Guía preliminar de redes de servicio. • Especificaciones LOD preliminar de redes de servicio. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de diseño definitivo de redes de servicio. • Planos de diseño definitivo de redes de servicio. • Modelo 3D de redes de servicio. • Anexos de diseño definitivo de redes de servicio.

	• Guía redes de servicio. • Especificaciones LOD redes de servicio.
Uso de BIM	• Análisis de interferencias e inconsistencias de diseño (UBIM4). • Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2). • Revisión automática de diseños (UBIM5). • Análisis y diseño eléctrico y telecomunicaciones (UBIM7). • Análisis de instalaciones subterráneas (UBIM35). • Estimación de costos y cantidades (UBIM31).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial (SSS&D).

ID	PBIM08
Procesos	Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial (SSS&D)
Descripción	A partir del proceso PT13, la implementación de BIM al proceso consiste en una serie de chequeos y análisis al corredor propuesto y diseñado con el fin de garantizar su completa funcionalidad y seguridad en etapas posteriores, para esto se realiza: el análisis y evaluación de la instalaciones que requiere el corredor, la detección y solución de interferencias con el proyecto, el chequeo normativo de todos los parámetros de diseño, el análisis de seguridad vía, la simulación del manejo, el análisis del impacto de la luz sobre el vehículo durante el desplazamiento por la vía, entre otros, permitiendo la solución de cuestiones de diseño en etapas tempranas.
Participantes	Ingeniero de Vías Coordinador del proyecto Líder BIM Líder IPD Líder Lean Ingeniero de Transito
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Actualización del entorno de la intersección (PBIM02). • Diseño definitivo de redes de servicio (PBIM07). • Diseño definitivo estructural (PBIM09). • Diseño geométrico definitivo de intersecciones (PBIM12). • Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Estudio del clima (PBIM18).

	• Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
	• Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D • Anexos de topografía • Informe de diseño geométrico. • Planos de diseño. • Modelo 3D definitivo intersección vial. • Modelo 3D entorno de la intersección. • Modelo 3D de redes de servicio. • Diseño preliminar seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Modelo 3D preliminar seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Planos de diseño preliminar seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.
Especificación de carpetas de entrada	• Anexos de diseño preliminar seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Guía preliminar seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Especificaciones LOD preliminar seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Informe de tránsito. • Informe de diseño definitivo estructural. • Planos de diseño definitivo estructural. • Modelo 3D estructural. • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Modelo 3D geológico y geotécnico. • Informe de estudio del clima. • Modelo 3D estudio del clima. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Planos de diseño definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Modelo 3D definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Anexos de diseño definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.

	• Guía seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Especificaciones LOD seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.
Uso de BIM	• Análisis de interferencias e inconsistencias de diseño (UBIM4). • Diseño y evaluación de instalaciones viales del proyecto (UBIM8). • Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2). • Revisión automática de diseños (UBIM5). • Simulación del manejo (UBIM9). • Análisis de la seguridad vial (UBIM10). • Análisis de luminosidad experimentada por el corredor vial (UBIM11). • Estimación de costos y cantidades (UBIM31).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: diseño definitivo estructural.

ID	PBIM09
Procesos	Diseño definitivo estructural
Descripción	A partir del proceso PT09, el presente proceso tiene como objetivo la vinculación y diseño de los elementos estructurales del proyecto, estos son planteados originalmente por cada especialista a partir de modelos tridimensionales y vinculados al software profesional estructural en donde se realiza: el análisis y diseño de estructuras, el chequeo de interferencias, la revisión de normativa estructural, el análisis de cantidades y costo y finalmente la generación automática de documentos.
Participantes	Arquitecto Ingeniero estructural Ingeniero de Suelos Ingeniero de Aguas Ingeniero de Pavimentos Ingeniero Climático Coordinador del proyecto Líder BIM Líder IPD Líder Lean
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño definitivo de Pavimentos (PBIM06). • Diseño definitivo urbanístico & paisajismo (PBIM11). • Diseño geométrico definitivo de intersecciones (PBIM12). • Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (PBIM13). • Estudio de estructuras existentes (PBIM14).

**Especificación
de carpetas de
entrada**

-
- Estudio definitivo de impacto ambiental (PBIM16).
 - Estudio definitivo hidrología e hidráulica (PBIM17).
 - Estudio del clima (PBIM18).
 - Estudio detallado de predios (PBIM19).
 - Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21).
 - Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22).
 - Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
-
- Objetivos y alcance del proyecto.
 - Informe topográfico localización del eje y nivelación.
 - Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación.
 - Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D.
 - Anexos de topografía localización del eje y nivelación.
 - Informe de diseño geométrico.
 - Planos de diseño.
 - Modelo 3D definitivo intersección vial
 - Estudio preliminar hidrología e hidráulica.
 - Modelo 3D preliminar hidrología e hidráulica.
 - Informe definitivo geológico y geotécnico.
 - Planos de evaluación geológica y geotécnica.
 - Modelo 3D geológico y geotécnico.
 - Informe de diseño definitivo de pavimentos.
 - Planos de diseño definitivo de pavimentos.
 - Modelo 3D definitivo de pavimentos.
 - Diseño preliminar estructural.
 - Modelo 3D preliminar estructural.
 - Planos de diseño preliminar estructural.
 - Memorias de cálculo preliminar estructural.
 - Anexos de diseño preliminar estructural.
 - Guía preliminar estructural.
 - Especificaciones LOD preliminar estructural.
 - Informe de estudio definitivo de impacto ambiental.
 - Planos de diseño de obras de mitigación ambiental.
 - Modelo 3D obras de mitigación ambiental.
 - Informe de diseño definitivo urbanístico & paisajismo.
 - Planos de diseño definitivo urbanístico & paisajismo.
 - Modelo 3D definitivo urbanístico & paisajismo.
 - Informe de estudio del clima.
 - Modelo 3D estudio del clima.
 - Informe de estudio detallado predial.
 - Planos de estudio predial.

	• Modelo 3D definitivo estudio predial. • Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Modelo 3D definitivo amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Informe definitivo estudio de estructuras existentes. • Modelo 3D definitivo estudio de estructuras existentes. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de diseño definitivo estructural. • Planos de diseño definitivo estructural. • Modelo 3D estructural. • Anexos de diseño estructural. • Guía estructural. • Especificaciones LOD diseño estructural.
Uso de BIM	• Análisis de interferencias e inconsistencias de diseño (UBIM4). • Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2). • Revisión automática de diseños (UBIM5). • Análisis y diseño de estructuras (UBIM12). • Estimación de costos y cantidades (UBIM31).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: diseño definitivo hidráulico.

ID	PBIM10
Procesos	Diseño definitivo hidráulico
Descripción	Este proceso corresponde al diseño, análisis y modelado tridimensional de los accesorios, tubería, cajas y demás, correspondiente a los diseños definitivos de las redes de: hidráulica, sanitaria y pluvial, para las cuales se debe garantizar: el cumplimiento normativo, la solución de interferencias o inconsistencias de diseño, la estimación de cantidades y costos de obra, al igual que la correcta disposición y funcionamiento de las redes.
Participantes	Ingeniero Hidráulico y Sanitario Coordinador del proyecto Líder BIM Líder IPD Líder Lean
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño definitivo de redes de servicio (PBIM07).

**Especificación
de carpetas de
entrada**

-
- Diseño definitivo estructural (PBIM09).
 - Diseño definitivo urbanístico & paisajismo (PBIM11).
 - Diseño geométrico definitivo de intersecciones (PBIM12).
 - Estudio definitivo hidrología e hidráulica (PBIM17).
 - Estudio del clima (PBIM18).
 - Estudio detallado de predios (PBIM19).
 - Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21).
 - Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22).
 - Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
-
- Objetivos y alcance del proyecto.
 - Informe topográfico localización del eje y nivelación.
 - Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación.
 - Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D.
 - Anexos de topografía.
 - Informe de diseño geométrico.
 - Planos de diseño.
 - Modelo 3D definitivo intersección vial
 - Informe de diseño definitivo estructural.
 - Planos de diseño definitivo estructural.
 - Modelo 3D estructural.
 - Informe de estudio detallado predial.
 - Planos de estudio predial.
 - Modelo 3D afectación predial.
 - Diseño preliminar de redes de servicio.
 - Modelo 3D preliminar de redes de servicio.
 - Informe de estudio del clima.
 - Modelo 3D estudio del clima.
 - Informe definitivo geológico y geotécnico.
 - Planos de evaluación geológica y geotécnica.
 - Modelo 3D geológico y geotécnico.
 - Informe de diseño definitivo urbanístico & paisajismo.
 - Planos de diseño definitivo urbanístico & paisajismo.
 - Modelo 3D definitivo urbanístico & paisajismo.
 - Informe de diseño preliminar de hidráulica.
 - Planos de diseño preliminar de hidráulica.
 - Modelo 3D preliminar de hidráulica.
 - Anexos de diseño preliminar de hidráulica.
 - Guía preliminar de hidráulica.
 - Especificaciones LOD preliminar de hidráulica.
 - Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica.

	• Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Modelo 3D hidrología e hidráulica. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de diseño definitivo de hidráulica. • Planos de diseño definitivo de hidráulica. • Modelo 3D definitivo de hidráulica. • Anexos de diseño definitivo de hidráulica. • Guía de hidráulica. • Especificaciones LOD hidráulica.
Uso de BIM	• Análisis del drenaje del corredor vial (UBIM19). • Análisis de instalaciones subterráneas (UBIM35). • Estimación de costos y cantidades (UBIM31).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: diseño definitivo urbanístico & paisajismo.

ID	PBIM11
Procesos	Diseño definitivo urbanístico & paisajismo
Descripción	Por medio de una representación digital del entorno existente y el diseño geométrico este proceso tiene como objetivo garantizar la interacción entre el proyecto y la zona de interés por medio del planteamiento de: mobiliario, materiales, pasos peatonales, elementos de alumbrado arquitectónico, instalaciones viales, entre otras, para esto se debe garantizar la interacción de formatos de diseño al igual que la solución de interferencias, la estimación de cantidades y costos de obra y demás.
Participantes	Arquitecto Biólogo Coordinador del proyecto Ingeniero ambiental Líder BIM Líder IPD Líder Lean
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño definitivo de Pavimentos (PBIM06). • Diseño definitivo estructural (PBIM09). • Diseño definitivo hidráulico (PBIM10) • Diseño geométrico definitivo de intersecciones (PBIM12). • Estudio de estructuras existentes (PBIM14).

	• Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio (PBIM15). • Estudio definitivo de impacto ambiental (PBIM16). • Estudio definitivo hidrología e hidráulica (PBIM17). • Estudio detallado de predios (PBIM19). • Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D. • Anexos de topografía localización del eje y nivelación. • Informe de diseño geométrico. • Planos de diseño. • Modelo 3D definitivo intersección vial. • Diseño preliminar urbanístico & paisajismo. • Modelo 3D preliminar urbanístico & paisajismo. • Planos de diseño preliminar urbanístico & paisajismo. • Memorias de diseño preliminar urbanístico & paisajismo. • Anexos de diseño preliminar urbanístico & paisajismo. • Guía preliminar urbanístico & paisajismo. • Especificaciones LOD preliminar urbanístico & paisajismo. • Informe de tránsito. • Modelo 3D estructural. • Modelo 3D definitivo de hidráulica. • Informe de diseño definitivo de pavimentos. • Planos de diseño definitivo de pavimentos. • Modelo 3D pavimentos. • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Modelo 3D geológico y geotécnico. • Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica. • Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Modelo 3D hidrología e hidráulica. • Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Modelo 3D afectación predial. • Informe de estudio definitivo de impacto ambiental. • Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Modelo 3D obras de mitigación ambiental.

	• Informe definitivo estudio de estructuras existentes. • Modelo 3D definitivo estudio de estructuras existentes. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Planos de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Modelo 3D urbanístico & paisajismo. • Anexos de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Guía urbanismo & paisajismo. • Especificaciones LOD definitivo urbanístico & paisajismo.
Uso de BIM	• Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto (UBIM1). • Análisis de interferencias e inconsistencias de diseño (UBIM4). • Revisión automática de diseños (UBIM5). • Diseño y evaluación de instalaciones viales del proyecto (UBIM8). • Estimación de costos y cantidades (UBIM31).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: diseño geométrico definitivo de intersecciones.

ID	PBIM12
Procesos	Diseño geométrico definitivo de intersecciones
Descripción	Partiendo de la definición previamente planteada del proceso PT04, el presente proceso complementa su desarrollo por medio de la implementación de tecnologías BIM y con ellas la vinculación de herramientas que permiten mejorar los procesos de los diseños longitudinal, vertical y sección transversal del corredor vial, en donde, por medio de revisiones de diseño y chequeos normativos es posible ajustar los parámetros de diseño tales como: radios, tangentes, entre-tangencias, peraltes, bombeos, pendientes, etc., adicional a esto se aprovechan las ventajas de visualización tridimensional que provee la herramienta para asegurar: la armonía del proyecto propuesto con lo existente, el límite de intervención predial permitida por el proyecto, el bajo impacto ambiental en la zona de afectación, la optimización de las futuras actividades de construcción, entre otras. Con el uso de las diferentes herramienta es posible disminuir la presencia de errores e inconsistencias en el diseño al igual que los cambios debido que permite el trabajo conjunto con otras especialidades tomando en cuenta sus limitaciones y recomendaciones.
Participantes	Ingeniero de Vías Coordinador del proyecto Líder BIM

	Líder IPD
	Líder Lean
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Actualización del entorno de la intersección (PBIM02). • Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (PBIM13). • Estudio de estructuras existentes (PBIM14). • Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio (PBIM15). • Estudio definitivo de impacto ambiental (PBIM16). • Estudio definitivo hidrología e hidráulica (PBIM17). • Estudio detallado de predios (PBIM19). • Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe de tránsito. • Informe de tránsito. • Modelo 3D alternativa. • Carteras de campo. • Fotografías de campo. • Especificaciones LOD tránsito. • Anexos de tránsito. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D. • Carteras de campo localización del eje y nivelación. • Especificaciones LOD localización del eje y nivelación. • Anexos de topografía localización del eje y nivelación. • Imágenes aéreas y fotografías de alta resolución. • Modelo 3D entorno de la intersección. • Modelo 3D definitivo restricción ambiental. • Modelo 3D definitivo restricción predial. • Modelo 3D geológico y geotécnico. • Modelo 3D amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Modelo 3D geométrico. • Modelo 3D levantamiento de redes existentes. • Modelo 3D definitivo estudio de estructuras existentes. • Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica. • Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Modelo 3D hidrología e hidráulica. • Informe diseño preliminar de la intersección.

	• Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Informe definitivo predial. • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Informe de estudio definitivo de impacto ambiental. • Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de diseño geométrico. • Planos de diseño. • Modelo 3D definitivo intersección vial. • Memorias de diseño geométrico. • Guía geométrica. • Especificaciones LOD geométrico.
Uso de BIM	• Optimización del alineamiento del corredor vial (UBIM14). • Análisis de interferencias e inconsistencias de diseño (UBIM4). • Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2). • Revisión automática de diseños (UBIM5). • Diseño geométrico del corredor vial (UBIM15). • Análisis de movimientos de tierra (UBIM16). • Análisis de la seguridad vial (UBIM10). • Estimación de costos y cantidades (UBIM31).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del subproceso BIM: configuración de modelo 3D para diseño geométrico de la intersección.

ID	PBIM12.1
Procesos	Configuración de modelo 3D para diseño geométrico de la intersección
Descripción	El presente proceso corresponde a las configuraciones iniciales del software para su posterior uso en el desarrollo del diseño, su configuración corresponde a la creación de: capas de visibilidad, niveles y ubicación del proyecto, además de la vinculación de los modelos 3D que proveen las condiciones actuales de la zona de intervención tales como: vías, edificaciones, estructuras, redes, urbanismo, vegetación, superficie, ríos,

entre otras, de tal forma que el entorno digital consolidado generado sea la base del diseño definitivo de la intersección.

Participantes	Ingeniero de Vías
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Actualización de levantamiento de redes existentes (PBIM01). • Actualización del entorno de la intersección (PBIM02). • Consolidación de las condiciones existentes (PBIM05). • Estudio de estructuras existentes (PBIM14). • Estudio definitivo hidrología e hidráulica (PBIM17). • Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe de tránsito. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D. • Anexos de topografía. • Modelo 3D levantamiento de redes existentes. • Modelo 3D entorno de la intersección. • Modelo 3D consolidación condiciones existentes. • Modelo 3D definitivo estudio de estructuras existentes. • Modelo 3D hidrología e hidráulica. • Modelo 3D geológico y geotécnico. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Modelo 3D definitivo intersección vial configuraciones (ARBIM01). • Anexos modelo 3D configuraciones (ARBIM02).

Características del subproceso BIM: creación y configuración las propiedades del ensamble.

ID	PBIM12.2
Procesos	Creación y configuración las propiedades del ensamble
Descripción	El presente sub-proceso corresponde a la creación de la sección de ensamblaje dispuesta para el trazado del corredor vial, el cual estará definido por carreteras compuestas dentro de carreteras de diseño. El modelo generado tiene como base el modelo 3D definitivo intersección vial configuraciones.

Participantes	Ingeniero de Vías
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Configuración de modelo 3D para diseño geométrico de la intersección (PBIM12.1). • Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio (PBIM15). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe de tránsito. • Modelo 3D alternativa. • Modelo 3D geométrico. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Anexos de modelo 3D configuraciones. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Modelo 3D definitivo intersección vial ensamblaje (ARBIM03). • Anexos de modelo 3D ensamblaje (ARBIM04).

Características del subproceso BIM: asignación parámetros de la sección de entrecruzamiento.

ID	PBIM12.3
Procesos	Asignación parámetros de la sección de entrecruzamiento
Descripción	Partiendo de la definición planteada en el sub-proceso PT04.1, el presente sub-proceso de desarrolla por medio del uso de herramientas de visualización la cuales permiten contemplar el impacto de la composición geométrica propuesta para el corredor vial con el entorno existente y preverlas posibles interferencias que puede presentar el proyecto con las mismas, otras herramientas que apoyan el desarrollo del presente sub-proceso corresponden a la asignación y chequeo normativo automatizado de los parámetros de diseño de la sección de entrecruzamiento y la evaluación inicial de la seguridad vial del trazado geométrico. El modelo generado tiene como base el modelo 3D definitivo intersección vial ensamblaje.
Participantes	Ingeniero de Vías
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Creación y configuración las propiedades del ensamble (PBIM12.2). • Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio (PBIM15). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
	• Objetivos y alcance del proyecto.

Especificación de carpetas de entrada	• Informe de tránsito. • Modelo 3D alternativa. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D. • Anexos de topografía. • Informe de tránsito. • Modelo 3D alternativa. • Modelo 3D geométrico. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Modelo 3D definitivo intersección vial ensamblaje. • Anexos de modelo 3D ensamblaje. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño de la sección de entrecruzamiento (AR03). • Modelo 3D definitivo sección de entrecruzamiento (ARBIM05).

Características del subproceso BIM: asignación de controles de diseño de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	PBIM12.4
Procesos	Asignación de controles de diseño de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Descripción	Partiendo de la descripción planteada en el proceso PT04.2, la implementación de tecnologías BIM a este sub-proceso permite realizar la definición e identificación de tramos homogéneos del terreno por medio de las herramientas de: visualización tridimensional, sectorización de niveles de terreno, optimización de perfil vial, entre otras, además es posible evaluar el impacto que tendrá la variación de los parámetros iniciales de diseño tales como: vehículo de diseño, distancias de parada, adelantamiento y cruce, etc., en el diseño geométrico y el entorno. El modelo generado tiene como base el modelo 3D definitivo sección de entrecruzamiento.
Participantes	Ingeniero de Vías
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Asignación parámetros de la sección de entrecruzamiento (PBIM12.3). • Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio (PBIM15). • Estudio definitivo de impacto ambiental (PBIM16).

	• Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D. • Anexos de topografía. • Informe de tránsito. • Modelo 3D alternativa. • Modelo 3D geométrico. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Modelo 3D definitivo restricción ambiental. • Modelo 3D geológico y geotécnico. • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Informe de estudio definitivo de impacto ambiental. • Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Memoria de cálculo de diseño de la sección de entrecruzamiento. • Modelo 3D definitivo sección de entrecruzamiento. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de controles de diseño de las calzadas principal y secundaria de la intersección (AR04). • Modelo 3D definitivo controles de diseño (ARBIM06).

Características del subproceso BIM: diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	PBIM12.5
Procesos	Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección

Descripción	A partir del sub-proceso PT04.3 el presente sub-proceso corresponde al diseño en planta del eje de la vía de las calzadas primarias y secundarias de la intersección con el uso de herramientas BIM para lo cual se realizara el uso de herramientas tales como: diseño de carreteras, visualización de atributos y control de características geométricas del corredor, niveles del terreno, análisis de perfil longitudinal, optimización del perfil, chequeo de interferencias, chequeo normativo, entre otras, de tal forma que la identificación de: curvas, peraltes, radios, cálculo de los elementos de las curvas, entre-tangencias, entre otros, a partir de elementos tridimensionales permitan obtener una representación realista de la características propuestas del proyecto a través carreteras simples o compuestas disminuyendo los cambios y errores en el diseño. El modelo generado tiene como base el modelo 3D definitivo controles de diseño.
Participantes	Ingeniero de Vías
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Asignación de controles de diseño de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.4). • Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio (PBIM15). • Estudio definitivo de impacto ambiental (PBIM16). • Estudio detallado de predios (PBIM19). • Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Memoria de cálculo de controles de diseño de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Modelo 3D definitivo controles de diseño. • Informe de tránsito. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D. • Anexos de topografía. • Modelo 3D alternativa. • Modelo 3D geométrico. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Modelo 3D definitivo restricción ambiental. • Modelo 3D geológico y geotécnico. • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Informe de estudio definitivo de impacto ambiental.

	• Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Informe de estudio detallado predial. • Modelo 3D afectación predial. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (AR06). • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (AR05). • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (ARBIM07).

Características del subproceso BIM: diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección

ID	PBIM12.6
Procesos	Diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Descripción	Partiendo de la definición planteada en el sub-proceso PT04.4, el diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección, se realiza mediante el uso de vistas 3D en planta y perfil del corredor vial como apoyo en la toma de decisiones durante la asignación calculo y diseño de: inclinaciones, longitudes, factores de ajuste y demás que el sub-proceso requiera. El modelo generado tiene como base el modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Participantes	Ingeniero de vías
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.5). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Modelo 3D geométrico. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información.

	Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Archivo de salida	- Memoria de cálculo de diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección (AR07). - Modelo 3D geométrico transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección (ARBIM08).

Características del subproceso BIM: verificación de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	PBIM12.7
Procesos	Verificación de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Descripción	A partir de lo expuesto previamente en el sub-proceso PT04.5, el presente sub-proceso consta del chequeo automatizado del cumplimiento de los criterios mínimos y máximos estipulados en la norma según el tipo de curva horizontal que se esté diseñando. El modelo generado tiene como base el modelo 3D geométrico transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Participantes	Ingeniero de Vías
Carpetas de entrada	- Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. - Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.5). - Diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.6). - Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	- Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. - Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. - Memoria de cálculo de diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección. - Modelo 3D geométrico transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección. - Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. - Modelo 3D geométrico. - Informe diseño preliminar de la intersección. - Planos de diseño preliminar de la intersección. - Guía geométrica preliminar de la intersección. - Especificaciones LOD preliminar de la intersección.
Archivo de salida	Memoria de cálculo de verificación de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección (AR08).

- Modelo 3D geométrico entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección (ARBIM09).

Características del subproceso BIM: diseño geométrico del alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	PBIM12.8
Procesos	Diseño geométrico del alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Descripción	A partir del sub-proceso definido PT04.6, el presente sub-proceso establece el cálculo y la asignación de parámetros de los elementos geométricos de las curvas verticales teniendo en cuenta la presencia o no de simetría por medio del uso de ventanas con vistas en planta y perfil del corredor vial, por otro lado se realiza el control de valores máximos y mínimos de los diferentes componentes del trazado vertical por medio de la tabla de atributos y el chequeo normativo de los elementos geométricos. El modelo generado tiene como base el modelo 3D geométrico entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Participantes	Ingeniero de Vías
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.5). • Diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.6). • Verificación de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.7) • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de verificación de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Modelo 3D geométrico entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Modelo 3D geométrico. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información.

Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección (AR09). • Planos de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección (AR10). • Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección (ARBIM10).
--------------------------	---

Características del subproceso BIM: diseño de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	PBIM12.9
Procesos	Diseño de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Descripción	A partir del sub-proceso PT04.7, este sub-proceso realiza el diseño y asignación de la sección transversal y de las condiciones geométricas de la misma con el apoyo de la visualización detallada de la sección transversal de la paleta de estilos del corredor vial estableciendo directamente sobre la imagen tridimensional el ancho de calzada, bombeo, berma, sobre anchos, evaluación de cunetas, taludes, andenes, entre otros. El modelo generado tiene como base el modelo 3D geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Participantes	Ingeniero de Vías Arquitecto
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.5). • Diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.6). • Verificación de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.7). • Diseño geométrico del alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.8). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de verificación de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

	• Planos de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Modelo 3D geométrico. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (AR11). • Modelo 3D geométrico sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (ARBIM11).

Características del subproceso BIM: chequeo de geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

ID	PBIM12.10
Procesos	Chequeo de geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección
Descripción	Tiene como objetivo verificar el contenido del “modelo 3D geométrico sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección”, el cual debe contener la totalidad de la información recolectada a lo largo del desarrollo del diseño geométrico como: diseño en planta, diseño vertical, peralte, entre-tangencia y sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección y continuar con el chequeo normativo general del diseño, su aprobación permitirá continuar con el desarrollo de los demás sub-procesos de diseño geométrico de la intersección al igual la continuidad del uso del modelo.
Participantes	Ingeniero de Vías Arquitecto
Carpets de entrada	• Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.5). • Diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.6). • Verificación de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.7) • Diseño geométrico del alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.8). • Diseño de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.9). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.

Especificación de carpetas de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de verificación de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Modelo 3D geométrico sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Archivo de salida	• Informe de chequeo (ARBIM12). • Modelo 3D geométrico calzadas principal y secundaria de la intersección (ARBIM13).

Características del subproceso BIM: diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada.

ID	PBIM12.11
Procesos	Diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada
Descripción	A partir de la definición establecida del sub-proceso PT04.8, el diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada se realiza a partir de la asignación de los parámetros del alineamiento, durante el trazado del alineamiento en el modelo 3D, tales como: radios, tangentes, elementos de empalme, entre otras, finalizado el trazado de debe realizar los chequeos de visibilidad y cumplimiento de normativa. El modelo generado tiene como base el modelo 3D geométrico calzadas principal y secundaria de la intersección.
Participantes	Ingeniero de Vías
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.5). • Diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.6). • Verificación de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.7).

	• Diseño geométrico del alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.8). • Diseño de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.9). • Chequeo de geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.10). • Actualización de levantamiento de redes existentes (PBIM01). • Actualización del entorno de la intersección (PBIM02). • Consolidación de las condiciones existentes (PBIM05). • Estudio de estructuras existentes (PBIM14). • Estudio definitivo hidrología e hidráulica (PBIM17). • Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe de tránsito. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D. • Anexos de topografía. • Modelo 3D levantamiento de redes existentes. • Modelo 3D entorno de la intersección. • Modelo 3D consolidación condiciones existentes. • Modelo 3D definitivo estudio de estructuras existentes. • Modelo 3D hidrología e hidráulica. • Modelo 3D geológico y geotécnico. • Modelo 3D geométrico. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Informe de chequeo. • Modelo 3D geométrico calzadas principal y secundaria de la intersección. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.

Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada (AR12). • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada (AR13). • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada (ARBIM14).
--------------------------	--

Características del subproceso BIM: diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada.

ID	PBIM12.12
Procesos	Diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada A partir del sub-proceso definido PT04.9, el presente sub-proceso establece el cálculo y la asignación de parámetros de los elementos del diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada según ubicación de los elementos verticales en el diseño horizontal para lo cual se usan las ventanas con vistas en planta y perfil del corredor vial en el modelo 3D, controlando los valores máximos y mínimos permitidos por la norma. El modelo generado tiene como base el modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada.
Descripción	
Participantes	Ingeniero de Vías
Carpetas de entrada	• Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.5). • Diseño geométrico del alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.8). • Diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada (PBIM12.11). • Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada.

	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada (AR14). • Planos de diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada (AR15). • Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada (ARBIM15).

Características del subproceso BIM: diseño de la sección transversal de la intersección a nivel no canalizada.

ID	PBIM12.13
Procesos	Diseño de la sección transversal de la intersección a nivel no canalizada
Descripción	A partir del sub-proceso PT04.10, este sub-proceso realiza el diseño y asignación de la sección transversal y de las condiciones geométricas de la misma con el apoyo de la visualización detallada de la sección transversal de la paleta de estilos del corredor vial estableciendo directamente sobre la imagen tridimensional el ancho de calzada, bombeo, berma, sobre anchos, evaluación de cunetas, taludes, andenes, entre otros. El modelo generado tiene como base el modelo 3D geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada.
Participantes	Ingeniero de Vías
Carpetas de entrada	• Diseño de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.9). • Diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada (PBIM12.11). • Diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada (PBIM12.12). • Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.

Especificación de carpetas de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada. • Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada. • Planos de diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada. • Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada. • Memoria de cálculo de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Modelo 3D geométrico sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de la intersección a nivel no canalizada (AR16). • Modelo 3D geométrico sección transversal de la intersección a nivel no canalizada (ARBIM16).

Características del subproceso BIM: dimensionamiento de los pasos a desnivel (si son requeridos).

ID	PBIM12.14
Procesos	Dimensionamiento de los pasos a desnivel
Descripción	A partir del sub-proceso PT04.11 Este sub-proceso tiene como objetivo la identificación y dimensionamiento de los pasos a desnivel peatonales y vehiculares por medio de una representación tridimensional con las características y dimensionamiento aproximado para poder ser exportado a un modelo 3D de análisis y diseño definitivo, para esto se usaran las herramientas de vinculación de datos de tal forma que sea posible obtener la información de otras especialidades, en el modelo 3D geométrico, que puedan afectar la ubicación de los pasos tales como nivel freático, desniveles de la zona, obras existentes, entre otras. El modelo generado puede tener como base el modelo 3D geométrico alineamiento horizontal y vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección o el modelo 3D

geométrico alineamiento horizontal y vertical de la glorieta según el tipo de intersección que se esté diseñando.

Participantes	Ingeniero de Vías Ingeniero Estructural Ingeniero de Suelos Arquitecto
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (PBIM13). • Estudio de estructuras existentes (PBIM14). • Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio (PBIM15). • Estudio definitivo de impacto ambiental (PBIM16). • Estudio definitivo hidrología e hidráulica (PBIM17). • Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.5). • Diseño geométrico del alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.8). • Diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta (PBIM12.24). • Definición de diseño vertical de la glorieta (PBIM12.25). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe de tránsito. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D. • Anexos de topografía. • Modelo 3D alternativa. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.

	• Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de la glorieta. • Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de la glorieta. • Modelo 3D definitivo restricción ambiental. • Modelo 3D geológico y geotécnico. • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Informe de estudio definitivo de impacto ambiental. • Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica. • Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Modelo 3D definitivo hidrología e hidráulica. • Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Modelo 3D definitivo amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Informe definitivo estudio de estructuras existentes. • Modelo 3D definitivo estudio de estructuras existentes. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de dimensionamiento de los pasos a desnivel (AR17). • Planos de dimensionamiento de los pasos a desnivel (AR18). • Modelo 3D geométrico pasos a desnivel (ARBIM17).

Características del subproceso BIM: diseño horizontal de los ramales de enlace.

ID	PBIM12.15
Procesos	Diseño horizontal de los ramales de enlace
Descripción	Partiendo de lo definido en el sub-proceso PT04.12, el presente sub-proceso por medio del uso de tecnologías BIM plantea las diferentes soluciones de ramales del proyecto contemplando y alertando de los posibles problemas de visibilidad del trazado con los entornos existente y proyectado del proyecto, para este primer análisis se realiza uso de la herramienta visibilidad, adicional a este análisis se realiza el control de los parámetros de diseño máximos y mínimos del trazado de los ramales respecto al alineamiento de las calzadas principal y secundaria de tal forma que la vinculación de estos trazado adicionales coincidan y permitan mantener la seguridad geométrico del proyecto. El modelo generado puede tener como base el modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección o el modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de la glorieta según el tipo de intersección que se esté diseñando.

Participantes	Ingeniero de Vías
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.5). • Diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta (PBIM12.24). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de la glorieta. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño horizontal de los ramales de enlace (AR19). • Planos de diseño horizontal de los ramales de enlace (AR20). • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de los ramales de enlace (ARBIM18).

Características del subproceso BIM: caracterización de isletas.

ID	PBIM12.16
Procesos	Caracterización de isletas
Descripción	Pariendo del sub-proceso PT04.13 definido en pasos anteriores, el presente sub-proceso realiza la identificación del tipo de isletas requeridas en el proyecto optimizando su espacio y funcionalidad de tal forma que se pueda alertar de forma temprana la necesidad de nuevas obras o re-diseño del corredor para disposición de estas. El modelo generado puede tener como base el modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de los ramales de enlace.
Participantes	Ingeniero de Vías
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.5).

	• Diseño horizontal de los ramales de enlace (PBIM12.15). • Diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta (PBIM12.24). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño horizontal de los ramales de enlace. • Memoria de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de la glorieta. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de los ramales de enlace. • Planos de diseño horizontal de los ramales de enlace. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de los ramales de enlace. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de la caracterización de isletas (AR21). • Modelo 3D geométrico caracterización de isletas (ARBIM19).

Características del subproceso BIM: diseño de la sección transversal de los ramales de enlace.

ID	PBIM12.17
Procesos	Diseño de la sección transversal de los ramales de enlace
Descripción	Partiendo de lo definido en el sub-proceso PT04.13, el presente sub-proceso por medio del uso de tecnologías BIM plantea las diferentes soluciones de la sección transversal de los ramales del proyecto por medio del uso de la vista previa de la sección, donde es posible valorar el impacto de elementos adicionales tales como: carriles vehiculares, ciclo vías, andenes, mobiliario, entre otros, apoyando la toma de decisiones y optimizando el espacio y trazado geométrico, adicional a este análisis se realiza el control de los parámetros de diseño máximos y mínimos de la sección transversal de los ramales respecto al alineamiento y sección transversal de las calzadas principal y secundaria de tal forma que la vinculación de la sección transversal de los ramales coincidan y permitan mantener la validez y seguridad geométrica del proyecto. El modelo generado puede tener como

base el modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de los ramales de enlace.

Participantes	Ingeniero de vías Arquitecto
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.5). • Diseño de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.9). • Diseño horizontal de los ramales de enlace (PBIM12.15). • Diseño de la sección transversal de la glorieta de enlace (PBIM12.26) • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Memoria de cálculo de diseño horizontal de los ramales de enlace. • Planos de diseño horizontal de los ramales de enlace. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de los ramales de enlace. • Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de la glorieta. • Modelo 3D geométrico diseño de la sección transversal de la glorieta. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de los ramales de enlace (AR22).

-
- Modelo 3D sección transversal de los ramales de enlace (ARBIM20).
-

Características del subproceso BIM: Caracterización de abertura de separador central.

ID	PBIM12.18
Procesos	Caracterización de abertura de separador central
Descripción	A partir del sub-proceso PT04.15, la vinculación de tecnologías BIM al presente sub-proceso es primordial para el análisis de la seguridad vial, el separador central como todos los elementos geométricos requiere de las evaluaciones de: visibilidad, ubicación, dimensionamiento, entre otras, su chequeo es fundamental para asegurar la movilidad vial, al igual que la evaluación de los beneficios y contraindicaciones del planteamiento de las diferentes alternativas de separador. El modelo generado puede tener como base el modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de los ramales de enlace.
Participantes	Ingeniero de Vías
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.5). • Diseño horizontal de los ramales de enlace (PBIM12.15). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño horizontal de los ramales de enlace. • Planos de diseño horizontal de los ramales de enlace. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de los ramales de enlace. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de la caracterización de abertura de separador central (AR23). • Modelo 3D caracterización de abertura de separador central (ARBIM21).

Características del subproceso BIM: caracterización de carriles exclusivos de giro a la izquierda.

ID	PBIM12.19
Procesos	Caracterización de carriles exclusivos de giro a la izquierda
Descripción	A partir de sub-proceso PT04.16, el presente sub-proceso busca evaluar la ubicación de los carriles exclusivos de giro de tal forma que cumpla las necesidades del proyecto, para su empalme de debe recurrir a las vistas de perfil y vista de modelado 3D de tal forma que se puedan identificar las cuestiones de diseño y dar solución antes de finalizar con el planteamiento por medio de análisis de normativa, evaluación de visibilidad, entre otras. El modelo generado puede tener como base el modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de los ramales de enlace.
Participantes	Ingeniero de Vías
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.5). • Diseño horizontal de los ramales de enlace (PBIM12.15). • Diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta (PBIM12.24). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño horizontal de los ramales de enlace. • Planos de diseño horizontal de los ramales de enlace. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de los ramales de enlace. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de la glorieta. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de carriles exclusivos de giro a la izquierda (AR24). • Planos de carriles exclusivos de giro a la izquierda (AR25).

-
- Modelo 3D geométrico carriles exclusivos de giro a la izquierda (ARBIM22).
-

Características del subproceso BIM: caracterización de carriles de aceleración.

ID	PBIM12.20
Procesos	Caracterización de carriles de aceleración
Descripción	A partir de sub-proceso PT04.17, el presente sub-proceso busca evaluar la ubicación de los carriles de aceleración de tal forma que cumpla las necesidades del proyecto, para su empalme de debe recurrir a las vistas de perfil y vista de modelado 3D de tal forma que se puedan identificar las cuestiones de diseño y dar solución antes de finalizar con el planteamiento por medio de análisis de normativa, evaluación de visibilidad, entre otras. El modelo generado puede tener como base: el modelo 3D geométrico caracterización de isletas, modelo 3D sección transversal de los ramales de enlace, el modelo 3D caracterización de abertura de separador central, el modelo 3D geométrico carriles exclusivos de giro a la izquierda o a partir de una consolidación de los modelos según sea la necesidad del diseñador.
Participantes	Ingeniero de Vías
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Caracterización de isletas (PBIM12.16). • Diseño de la sección transversal de los ramales de enlace (PBIM12.17). • Caracterización de abertura de separador central (PBIM12.18) • Caracterización de carriles exclusivos de giro a la izquierda (PBIM12.19) • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Memoria de cálculo de la caracterización de isletas. • Modelo 3D geométrico caracterización de isletas. • Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de los ramales de enlace. • Modelo 3D sección transversal de los ramales de enlace. • Memoria de cálculo de la caracterización de abertura de separador central. • Modelo 3D caracterización de abertura de separador central. • Memoria de cálculo de carriles exclusivos de giro a la izquierda. • Planos de carriles exclusivos de giro a la izquierda. • Modelo 3D geométrico carriles exclusivos de giro a la izquierda. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.

Archivo de salida	• Memoria de cálculo de la caracterización de carriles de aceleración (AR26). • Planos de la caracterización de carriles de aceleración (AR27). • Modelo 3D geométrico carriles de aceleración (ARBIM23).
--------------------------	---

Características del subproceso BIM: caracterización de carriles de desaceleración.

ID	PBIM12.21
Procesos	Caracterización de carriles de desaceleración
Descripción	A partir de sub-proceso PT04.18, el presente sub-proceso busca evaluar la ubicación de los carriles de desaceleración de tal forma que cumpla las necesidades del proyecto, para su empalme de debe recurrir a las vistas de perfil y vista de modelado 3D de tal forma que se puedan identificar las cuestiones de diseño y dar solución antes de finalizar con el planteamiento por medio de análisis de normativa, evaluación de visibilidad, entre otras. El modelo generado puede tener como base: el modelo 3D geométrico caracterización de isletas, modelo 3D sección transversal de los ramales de enlace, el modelo 3D caracterización de abertura de separador central, el modelo 3D geométrico carriles exclusivos de giro a la izquierda o a partir de una consolidación de los modelos según sea la necesidad del diseñador.
Participantes	Ingeniero de Vías
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Caracterización de isletas (PBIM12.16). • Diseño de la sección transversal de los ramales de enlace (PBIM12.17). • Caracterización de abertura de separador central (PBIM12.18) • Caracterización de carriles exclusivos de giro a la izquierda (PBIM12.19) • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Memoria de cálculo de la caracterización de isletas. • Modelo 3D geométrico caracterización de isletas. • Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de los ramales de enlace. • Modelo 3D sección transversal de los ramales de enlace. • Memoria de cálculo de la caracterización de abertura de separador central. • Modelo 3D caracterización de abertura de separador central. • Memoria de cálculo de carriles exclusivos de giro a la izquierda. • Planos de carriles exclusivos de giro a la izquierda. • Modelo 3D geométrico carriles exclusivos de giro a la izquierda. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información.

	Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	- Memoria de cálculo de la caracterización de carriles de desaceleración (AR28). - Planos de la caracterización de carriles de desaceleración (AR29). - Modelo 3D geométrico carriles de desaceleración (ARBIM24).

Características del subproceso BIM: diseño vertical de los ramales de enlace.

ID	PBIM12.22
Procesos	Diseño vertical de los ramales de enlace
Descripción	A partir del sub-proceso definido PT04.19, el presente sub-proceso establece el cálculo y la asignación de parámetros de los elementos geométricos de las curvas verticales de los ramales teniendo en cuenta la presencia o no de simetría por medio del uso de ventanas con vistas en planta, perfil y 3D del corredor vial, por otro lado se realiza el control de valores máximos, mínimos y seguridad de los diferentes componentes del trazado vertical a través de: la tabla de atributos, el chequeo normativo, el análisis de visibilidad y seguridad vial de los elementos geométricos.
Participantes	Ingeniero de vías
Carpetas de entrada	- Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. - Diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada (PBIM12.12). - Diseño horizontal de los ramales de enlace (PBIM12.15). - Diseño de la sección transversal de los ramales de enlace (PBIM12.17). - Caracterización de carriles de aceleración (PBIM12.20). - Caracterización de carriles de desaceleración (PBIM12.21). - Definición de diseño vertical de la glorieta (PBIM12.25). - Alcance y especificaciones del proyecto IPD
Especificación de carpetas de entrada	- Memoria de cálculo de diseño horizontal de los ramales de enlace. - Planos de diseño horizontal de los ramales de enlace. - Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de los ramales de enlace. - Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de los ramales de enlace. - Memoria de cálculo de la caracterización de carriles de aceleración. - Planos de la caracterización de carriles de aceleración. - Modelo 3D geométrico carriles de aceleración. - Memoria de cálculo de la caracterización de carriles de desaceleración. - Planos de la caracterización de carriles de desaceleración. - Modelo 3D geométrico carriles de desaceleración.

	• Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada. • Planos de diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada. • Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada. • Memoria de cálculo de diseño vertical de la glorieta. • Planos de diseño de vertical de la glorieta. • Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de la glorieta. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño vertical de los ramales de enlace (AR30). • Planos de diseño de vertical de los ramales de enlace (AR31). • Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de los ramales de enlace (ARBIM25).

Características del subproceso BIM: definición de la transición de peralte de ramales de enlace.

ID	PBIM12.23
Procesos	Definición de la transición de peralte de ramales de enlace
Descripción	A partir del sub-proceso PT04.20, se hace uso de las herramientas de: vista previa, perfil longitudinal, perfil vertical, entre otras, para el planteamiento del peralte de los ramales de enlace, al igual que el chequeo normativa de los diferentes atributos para asegurar el manejo seguro por trazado geométrico.
Participantes	Ingeniero de vías
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño vertical de los ramales de enlace (PBIM12.22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Memoria de cálculo de diseño vertical de los ramales de enlace (AR30). • Planos de diseño de vertical de los ramales de enlace (AR31). • Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de los ramales de enlace (ARBIM25). • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información.

	Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	- Memoria de la transición de peralte de ramales de enlace (AR32). - Modelo 3D geométrico transición de peralte de ramales de enlace (ARBIM26).

Características del subproceso BIM: diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta.

ID	PBIM12.24
Procesos	Diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta
Descripción	Según el sub-proceso PT04.21 definido en pasos anteriores, el presente sub-proceso realiza uso de las herramientas de modelado de gloritas predeterminadas por el software a partir de la intersección de ensamblajes compuestos, esta propuesta cuentan un chequeo normativo predeterminado según el tipo de glorieta seleccionada su exportación a un software avanzado de diseño es necesaria para finalizar a diseño detallado al igual que su re-vinculación el modelo 3D general del proyecto.
Participantes	Ingeniero de vías
Carpetas de entrada	- Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. - Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.5). - Diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.6). - Verificación de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.7) - Diseño geométrico del alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.8). - Diseño de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.9). - Chequeo de geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.10). - Actualización de levantamiento de redes existentes (PBIM01). - Actualización del entorno de la intersección (PBIM02). - Consolidación de las condiciones existentes (PBIM05). - Estudio de estructuras existentes (PBIM14). - Estudio definitivo hidrología e hidráulica (PBIM17). - Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21). - Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). - Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
	- Objetivos y alcance del proyecto. - Informe de tránsito. - Informe topográfico localización del eje y nivelación.

Especificación de carpetas de entrada	• Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D. • Anexos de topografía. • Modelo 3D levantamiento de redes existentes. • Modelo 3D entorno de la intersección. • Modelo 3D consolidación condiciones existentes. • Modelo 3D definitivo estudio de estructuras existentes. • Modelo 3D hidrología e hidráulica. • Modelo 3D geológico y geotécnico. • Modelo 3D geométrico. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Informe de chequeo. • Modelo 3D geométrico calzadas principal y secundaria de la intersección. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Memoria de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta (AR33). • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta (AR34). • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de la glorieta (ARBIM27).

Características del subproceso BIM: diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta.

ID	PBIM12.25
Procesos	Definición de diseño vertical de la glorieta
Descripción	Según el sub-proceso PT04.22 definido en pasos anteriores, el presente sub-proceso realiza uso de las herramientas de modelado de gloritas predeterminadas por el software a partir de la intersección de ensamblajes compuestos, esta propuesta cuentan un chequeo normativo predeterminado según el tipo de glorieta seleccionada su exportación a un software avanzado de diseño es necesaria para finalizar a diseño detallado al igual que su re-vinculación el modelo 3D general del proyecto.

Participantes	Ingeniero de vías
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño geométrico del alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.8). • Diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta (PBIM12.24). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Memoria de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de la glorieta • Memoria de cálculo de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (AR11). • Modelo 3D geométrico sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (ARBIM11). • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño vertical de la glorieta (AR35). • Planos de diseño de vertical de la glorieta (AR36). • Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de la glorieta (ARBIM28).

Características del subproceso BIM: diseño de la sección transversal de la glorieta de enlace.

ID	PBIM12.26
Procesos	Diseño de la sección transversal de la glorieta de enlace
Descripción	Partiendo de lo definido en el sub-proceso PT04.23, el presente sub-proceso por medio del uso de tecnologías BIM plantea las diferentes soluciones de la sección transversal de los ramales del proyecto por medio del uso de la vista previa de la sección, donde es posible valorar el impacto de elementos adicionales tales como: carriles vehiculares, ciclo vías, andenes, mobiliario, entre otros, apoyando la toma de decisiones y optimizando el espacio y trazado geométrico, adicional a este análisis se realiza el control de los parámetros de diseño máximos y mínimos de la sección transversal de los ramales respecto al alineamiento y sección transversal de las calzadas principal y secundaria de tal forma que la vinculación de la sección transversal de los ramales coincidan y permitan mantener la validez y seguridad geométrica del proyecto.
Participantes	• Ingeniero de vías

	• Arquitecto
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.9). • Diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta (PBIM12.24). • Definición de diseño vertical de la glorieta (PBIM12.25). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Memoria de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta. • Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta. • Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de la glorieta • Memoria de cálculo de diseño vertical de la glorieta. • Planos de diseño de vertical de la glorieta. • Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de la glorieta • Memoria de cálculo de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Modelo 3D geométrico sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de la glorieta (AR37). • Modelo 3D geométrico diseño de la sección transversal de la glorieta (ARBIM29).

Características del subproceso BIM: consolidación de diseño geométrico revisión y chequeo normativo INVIA.

ID	PBIM12.27
Procesos	Consolidación de diseño geométrico revisión y chequeo normativo INVIA
Descripción	El proceso consolidación de diseño geométrico revisión y chequeo normativo INVIA es un proceso que se viene realizando a lo largo de los sub-procesos del diseño geométrico debido a que durante el desarrollo de estos, se ha buscado la consolidación actualización y chequeo continuo de los diferentes elementos de diseño, a pasar de esto es necesario chequear y analizar el diseño como uno solo y no como sub-procesos aislados del diseño general, por lo tanto el uso de herramientas como: optimización de perfiles, análisis de visibilidad, chequeos normativo, análisis de movimientos de tierra, simulaciones de tráfico

	y movilidad, análisis de cantidades y costos, entre otras, se orientan a la evaluación general del proyecto para garantizar el funcionamiento y seguridad de todo el trazado geométrico .
Participantes	• Ingeniero de vías
Carpetas de entrada	• Configuración de modelo 3D para diseño geométrico de la intersección (PBIM12.1). • Creación y configuración las propiedades del ensamble (PBIM12.2). • Asignación parámetros de la sección de entrecruzamiento (PBIM12.3). • Asignación de controles de diseño de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.4). • Diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.5). • Diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.6). • Verificación de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.7). • Diseño geométrico del alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.8). • Diseño de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.9). • Chequeo de geométrico de las calzadas principal y secundaria de la intersección (PBIM12.10). • Diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada (PBIM12.11). • Diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada (PBIM12.12) • Diseño de la sección transversal de la intersección a nivel no canalizada (PBIM12.13). • Dimensionamiento de los pasos a desnivel (PBIM12.14). • Diseño horizontal de los ramales de enlace (PBIM12.15). • Caracterización de isletas (PBIM12.16). • Diseño de la sección transversal de los ramales de enlace (PBIM12.17). • Caracterización de abertura de separador central (PBIM12.18) • Caracterización de carriles exclusivos de giro a la izquierda (PBIM12.19) • Caracterización de carriles de aceleración (PBIM12.20). • Caracterización de carriles de desaceleración (PBIM12.21). • Diseño vertical de los ramales de enlace (PBIM12.22) • Definición de la transición de peralte de ramales de enlace (PBIM12.23). • Diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta (PBIM12.24). • Definición de diseño vertical de la glorieta (PBIM12.25). • Diseño de la sección transversal de la glorieta de enlace (PBIM12.26).
	• Modelo 3D definitivo intersección vial configuraciones.

**Especificación
de carpetas de
entrada**

- Anexos modelo 3D configuraciones.
 - Modelo 3D definitivo intersección vial ensamblaje.
 - Anexos de modelo 3D ensamblaje.
 - Memoria de cálculo de diseño de la sección de entrecruzamiento.
 - Modelo 3D definitivo sección de entrecruzamiento.
 - Memoria de cálculo de controles de diseño de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
 - Modelo 3D definitivo controles de diseño.
 - Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
 - Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
 - Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
 - Memoria de cálculo de diseño de la transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
 - Modelo 3D geométrico transición de peralte de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
 - Memoria de cálculo de verificación de entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
 - Modelo 3D geométrico entre-tangencias de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
 - Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
 - Planos de diseño geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
 - Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
 - Memoria de cálculo de la sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
 - Modelo 3D geométrico sección transversal de las calzadas principal y secundaria de la intersección.
 - Informe de chequeo.
 - Modelo 3D geométrico calzadas principal y secundaria de la intersección.
 - Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada.
 - Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada.
 - Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de la intersección a nivel no canalizada.
 - Memoria de cálculo de diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada.
 - Planos de diseño geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada.
-

-
- Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de la intersección a nivel no canalizada.
 - Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de la intersección a nivel no canalizada.
 - Modelo 3D geométrico sección transversal de la intersección a nivel no canalizada.
 - Memoria de cálculo del dimensionamiento de los pasos a desnivel.
 - Planos del dimensionamiento de los pasos a desnivel.
 - Modelo 3D geométrico de los pasos a desnivel.
 - Memoria de cálculo de diseño horizontal de los ramales de enlace.
 - Planos de diseño horizontal de los ramales de enlace.
 - Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de los ramales de enlace.
 - Memoria de cálculo de la caracterización de isletas.
 - Modelo 3D geométrico caracterización de isletas.
 - Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de los ramales de enlace.
 - Modelo 3D sección transversal de los ramales de enlace.
 - Memoria de cálculo de la caracterización de abertura de separador central.
 - Modelo 3D caracterización de abertura de separador central.
 - Memoria de cálculo de carriles exclusivos de giro a la izquierda.
 - Planos de carriles exclusivos de giro a la izquierda.
 - Modelo 3D geométrico carriles exclusivos de giro a la izquierda.
 - Memoria de cálculo de la caracterización de carriles de desaceleración.
 - Planos de la caracterización de carriles de desaceleración.
 - Modelo 3D geométrico carriles de desaceleración.
 - Memoria de cálculo de diseño vertical de los ramales de enlace.
 - Planos de diseño de vertical de los ramales de enlace.
 - Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de los ramales de enlace.
 - Memoria de la transición de peralte de ramales de enlace.
 - Modelo 3D geométrico transición de peralte de ramales de enlace.
 - Memoria de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta.
 - Planos de diseño geométrico alineamiento horizontal de la glorieta.
 - Modelo 3D geométrico alineamiento horizontal de la glorieta.
 - Memoria de cálculo de diseño vertical de la glorieta.
 - Planos de diseño de vertical de la glorieta.
 - Modelo 3D geométrico alineamiento vertical de la glorieta.
 - Memoria de cálculo de diseño de la sección transversal de la glorieta.
 - Modelo 3D geométrico diseño de la sección transversal de la glorieta.
-
- Informe de consolidación y chequeo normativo de diseño geométrico (AR38).
-

Archivo de salida	• Informe de diseño geométrico (AR01). • Planos de diseño (AR02). • Modelo 3D definitivo intersección vial (ARBIM29). • Memorias de diseño geométrico • Guía geométrica. • Especificaciones LOD geométrico.
--------------------------	--

Características del proceso BIM: estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

ID	PBIM13
Procesos	Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo
Descripción	A partir del proceso PT15, el presente proceso busca establecer planes u obras para la prevención del riesgo en las zonas pertenecientes al área de afectación, el planteamiento de las distintas soluciones se proponen en modelos tridimensionales con el fin de digitalizar la información característica de cada zona y poder analizar mediante softwares especializados los históricos y proyección de los diferentes riesgos de la zona para proponer dar soluciones viales al proyecto.
Participantes	Geólogo Ingeniero Ambiental Ingeniero de Suelos Ingeniero Estructural Ingeniero de Aguas Ingeniero Hidráulico y Sanitario Coordinador del proyecto Líder BIM Líder IPD Líder Lean
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño definitivo urbanístico & paisajismo (PBIM11). • Diseño geométrico definitivo de intersecciones (PBIM12). • Estudio de estructuras existentes (PBIM14). • Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio (PBIM15). • Estudio definitivo de impacto ambiental (PBIM16). • Estudio definitivo hidrología e hidráulica (PBIM17). • Estudio del clima (PBIM18). • Estudio detallado de predios (PBIM19). • Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.

Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D • Anexos de topografía. • Informe de diseño geométrico. • Planos de diseño. • Modelo 3D definitivo intersección vial. • Diseño preliminar urbanístico & paisajismo. • Modelo 3D preliminar urbanístico & paisajismo. • Informe de tránsito. • Informe de estudio del clima. • Modelo 3D clima. • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Modelo 3D geológico y geotécnico. • Informe definitivo estudio de estructuras existentes. • Modelo 3D definitivo estudio de estructuras existentes. • Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica. • Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Modelo 3D hidrología e hidráulica. • Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Modelo 3D afectación predial. • Informe de estudio definitivo de impacto ambiental. • Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Modelo 3D obras de mitigación ambiental. • Estudio preliminar de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Modelo 3D preliminar de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Planos preliminares de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Memorias preliminares de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Anexos preliminares de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Guía preliminar de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Especificaciones LOD preliminar de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Modelo 3D amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Anexos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

	• Guía amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Especificaciones LOD amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
Uso de BIM	• Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2). • Análisis de las zonas vulnerables a desastres naturales (UBIM17).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: estudio de estructuras existentes.

ID	PBIM14
Procesos	Estudio de estructuras existentes
Descripción	El presente proceso tiene como objetivo el levantamiento, análisis y modelado tridimensional de los elementos estructurales existentes en la zona del proyecto correspondientes a: puentes, muros, edificaciones, pasos a desnivel, etc., este modelo con apoyo de ensayos de laboratorio para el análisis estructural permitan la identificación de las estructuras que se deberán mantener o remplazar durante el proceso de construcción además de disminuir el riesgo de interferencias de las nuevas obras propuestas para el proyecto. Para el levantamiento de información se pueden usar equipos de alta precisión como scanner laser- nube de puntos, vuelos con drones, scanner laser terrestre, entre otros, los cuales tiene compatibilidad con los softwares de modelado 3D propuestos para la presente investigación.
Participantes	Coordinador del proyecto Ingeniero estructural Líder BIM Líder IPD Líder Lean Ingeniero Auxiliar
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D • Anexos de topografía. • Modelo 3D geométrico. • Informe diseño preliminar intersección. • Informe preliminar estudio de estructuras existentes. • Modelo 3D preliminar estudio de estructuras existentes.

	• Guía preliminar estudio de estructuras existentes. • Especificaciones LOD preliminar estudio de estructuras existentes. • Modelo 3D preliminar geológico y geotécnico. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe definitivo estudio de estructuras existentes. • Modelo 3D definitivo estudio de estructuras existentes. • Guía levantamiento de estructuras existentes. • Especificaciones LOD estructuras existentes.
Uso de BIM	• Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto (UBIM1). • Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2). • Análisis y diseño de estructuras (UBIM12).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio.

ID	PBIM15
Procesos	Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio
Descripción	El estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio con la implementación de BIM a nivel de Fase III - Diseños definitivos o ingeniería de detalle corresponde inicialmente al proceso PT02, el cual fue definido previamente en el presente documento, sin embargo, el desarrollo del proceso presenta cambios representativos al ser integrado con la tecnología BIM debido a que la planificación y desarrollo de: metodologías de recolección de información primaria, selección de rutas, planteamiento de alternativas, entre otras, serán realizadas a partir de modelos tridimensional con los cuales se podrán identificar las características actuales de la zona del proyecto mejorando la toma de decisiones y optimizando el tiempo de respuesta a los requerimientos del estudio por medio de herramientas como: optimización del alineamiento, análisis de zonas con desnivel, impacto de cambios de pendiente de terreno, entre otras.
Participantes	Ingeniero de Tránsito Ingeniero Auxiliar Coordinador del proyecto Líder BIM Líder IPD Líder Lean
	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II.

Carpetas de entrada	• Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Actualización del entorno de la intersección (PBIM02). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D. • Anexos de topografía. • Estudios de tránsito previos. • Informe de tránsito preliminar. • Modelo 3D alternativa preliminar. • Carteras de campo de estudio de tránsito preliminar. • Fotografías de campo estudio de tránsito preliminar. • Metodología de trabajo y toma de información en campo estudio de tránsito preliminar. • Análisis de requerimientos en campo estudio de tránsito preliminar. • Procesamiento y tratamiento de datos estudio de tránsito preliminar. • Especificaciones LOD estudio de tránsito preliminar. • Anexos de tránsito estudio preliminar. • Bases históricas gubernamentales. • Diseño geométrico del corredor existente. • Informe de la geografía económica de la región. • Modelo 3D entorno de la intersección. • Base de datos de costos. • Informe levantamiento topográfico. • Modelo 3D topográfico. • Modelo 3D restricción ambiental. • Modelo 3D restricción predial. • Modelo 3D geológico y geotécnico. • Modelo 3D geotecnia. • Modelo 3D restricción predial. • Modelo 3D geométrico. • Informe diseño preliminar intersección. • Informe ambiental. • Informe geológico y geotécnico. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Imágenes alta resolución. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de tránsito. • Modelo 3D alternativa.

	• Carteras de campo. • Fotografías de campo. • Metodología de trabajo y toma de información en campo. • Análisis de requerimientos en campo. • Procesamiento y tratamiento de datos • Especificaciones LOD tránsito. • Anexos de tránsito
Uso de BIM	• Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto (UBIM1). • Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2). • Revisión automática de diseños (UBIM5).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: estudio definitivo de impacto ambiental.

ID	PBIM16
Procesos	Estudio definitivo de impacto ambiental
Descripción	A partir de los pasos y resultados especificados en el proceso PT07, el desarrollo de este con tecnologías 3D permite una visualización detallada enfocada en la afectación ambiental del proyecto sobre la zona de interés, con esta zonificación y por medio de herramientas a análisis ambiental y sostenibilidad se puede dar viabilidad al proyecto proyectando: las obras de mitigación ambiental, las zonas de con restricciones o protección, la cuantificación de recursos afectados para su reposición, entre otras, la obras representadas en elementos tridimensionales son compatibles con otros softwares especializados de diseño para el desarrollo de su diseño de detallado.
Participantes	Ingeniero ambiental Biólogo Coordinador del proyecto Líder BIM Líder IPD Líder Lean
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Diseño definitivo de Pavimentos (PBIM06). • Diseño geométrico definitivo de intersecciones (PBIM12). • Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (PBIM13). • Estudio definitivo hidrología e hidráulica (PBIM17). • Estudio del clima (PBIM18). • Estudio detallado de predios (PBIM19).

	• Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D • Anexos de topografía localización del eje y nivelación • Informe de diseño geométrico. • Planos de diseño. • Modelo 3D definitivo intersección vial • Guía geométrica. • Modelo 3D preliminar de impacto ambiental. • Informe de estudio preliminar de impacto ambiental. • Planos de diseño preliminar de obras de mitigación ambiental. • Anexos de diseño preliminar de obras de mitigación ambiental. • Presupuesto de lineamiento ambiental preliminar. • Guía impacto ambiental preliminar. • Especificaciones LOD impacto ambiental preliminar. • Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica. • Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Modelo 3D definitivo hidrología e hidráulica. • Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Modelo 3D definitivo amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Evaluación preliminar geológica y geotécnica. • Modelo 3D preliminar geológico y geotécnico. • Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Modelo 3D definitivo estudio predial. • Informe de estudio del clima. • Modelo 3D estudio del clima. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de estudio definitivo de impacto ambiental. • Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Modelo 3D obras de mitigación ambiental. • Anexos de estudio definitivo de impacto ambiental. • Presupuesto de lineamiento ambiental.

	• Guía impacto ambiental. • Especificaciones LOD impacto ambiental.
Uso de BIM	• Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2). • Análisis ambiental (UBIM18). • Análisis de la sostenibilidad vial (UBIM20). • Estimación de costos y cantidades (UBIM31).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: estudio definitivo hidrología e hidráulica.

ID	PBIM17
Procesos	Estudio definitivo hidrología e hidráulica
Descripción	A partir del proceso PT08, con la implementación de metodologías BIM se plantea la identificación y configuración de propiedades de los causes, pasos secos y demás existentes en la zona de afectación de tal forma que sea posible realizar el análisis del drenaje del corredor vial y obras complementarias.
Participantes	Ingeniero de Aguas Ingeniero Estructural Ingeniero de Suelos Coordinador del proyecto Líder BIM Líder IPD Líder Lean
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Estudio detallado de predios (PBIM19). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D • Anexos de topografía. • Informe de diseño geométrico. • Planos de diseño. • Modelo 3D definitivo intersección vial • Estudio preliminar hidrología e hidráulica. • Modelo 3D preliminar hidrología e hidráulica. • Planos de diseño preliminar hidrología e hidráulica.

	• Anexos de estudio preliminar hidrología e hidráulica. • Guía preliminar hidrología e hidráulica. • Especificaciones LOD preliminar hidrología e hidráulica. • Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Modelo 3D definitivo estudio predial. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica. • Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Modelo 3D hidrología e hidráulica. • Anexos de estudio definitivo hidrología e hidráulica. • Guía hidrología e hidráulica. • Especificaciones LOD hidrología e hidráulica.
Uso de BIM	• Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto (UBIM1). • Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2). • Análisis del drenaje del corredor vial (UBIM19).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: estudio del clima.

ID	PBIM18
Procesos	Estudio del clima
Descripción	A partir del proceso PT16, el presente proceso busca evaluar el efecto del clima en los materiales y estructuras propuestas por otros estudios, por tal motivo se parte de la importación de los modelos 3D generados por otros profesionales al software especializado en estudio climatológico donde se realiza la digitalización de las condiciones, estados y variaciones del clima sobre los elementos y el área de intervención con el fin de analizar y evaluar la sostenibilidad del proyecto a lo largo del tiempo con las variaciones climáticas modeladas generando soluciones o recomendación de materiales, procesos de construcción del proyecto, entre otros.
Participantes	Ingeniero de Aguas Ingeniero Ambiental Arquitecto Ingeniero Climático

	Coordinador del proyecto Líder BIM Líder IPD Líder Lean
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D • Anexos de topografía. • Informe de diseño geométrico. • Planos de diseño. • Modelo 3D definitivo intersección vial • Estudio de variables climáticas. • Modelo 3D preliminar climatológico. • Anexos de estudio preliminar climatológico. • Especificaciones LOD preliminar climatológico. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de estudio del clima. • Modelo 3D climatológico. • Anexos de estudio del clima. • Especificaciones LOD estudio del clima.
Uso de BIM	• Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2). • Análisis de la sostenibilidad vial (UBIM20). • Análisis del impacto de la radiación solar en el corredor vial (UBIM21)
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: estudio detallado de predios.

ID	PBIM19
Procesos	Estudio detallado de predios

Descripción	Partiendo del proceso PT11, la vinculación del estudio con tecnologías BIM busca la representación tridimensional de la afectación predial en un modelo digital de tal forma que permitirá esclarecer las zonas permitidas para el trazado geométrico al igual que la intervención de cualquier obra adicional que requiera el proyecto para la construcción del proyecto.
Participantes	Coordinador del proyecto Arquitecto Abogado Especialista predial Ingeniero Auxiliar Líder BIM Líder IPD Líder Lean
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (PBIM13). • Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D • Anexos de topografía. • Informe de diseño geométrico. • Planos de diseño. • Modelo 3D definitivo intersección vial. • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Modelo 3D geológico y geotécnico. • Estudio de afectación predial. • Modelo 3D preliminar afectación predial. • Planos de estudio preliminar afectación predial. • Memorias de estudio preliminar afectación predial. • Anexos de estudio preliminar afectación predial. • Guía preliminar afectación predial. • Especificaciones LOD preliminar afectación predial. • Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Modelo 3D definitivo amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

	• Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Modelo 3D afectación predial. • Anexos de estudio predial. • Guía predial. • Especificaciones LOD predial.
Uso de BIM	• Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto (UBIM1). • Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2). • Estimación de costos y cantidades (UBIM31).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: evaluación del presupuesto cronograma de obra y a análisis de constructibilidad definitivo.

ID	PBIM20
Procesos	Evaluación del presupuesto cronograma de obra y a análisis de constructibilidad definitivo
Descripción	A partir del proceso PT18, la evaluación del presupuesto cronograma de obra y a análisis de constructibilidad definitivo con el uso de tecnologías BIM corresponde inicialmente a la generación del presupuesto del obra por medio de la estimación automatizada de cantidades, análisis de materiales y equipos que formaran parte de los APU's de los ítems identificados en la estructura de presupuesto, una vez se obtiene el costo total del proyecto es posible realizar la planificación de la duración de actividades o el cronograma de obra, estos servirán como insumo para: el análisis de constructibilidad, la planificación de la construcción, la optimización de la construcción, la planificación del sitio, entre otras, apoyando la toma de decisiones del proyecto.
Participantes	Ingeniero de Costos Coordinador del proyecto Líder BIM Líder IPD Líder Lean
Carpetas de entrada	• Alcance y especificaciones del proyecto IPD. • Actualización de levantamiento de redes existentes (PBIM01). • Diseño definitivo de Pavimentos (PBIM06).

	• Diseño definitivo de redes de servicio (PBIM07). • Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial (SSS&D) (PBIM08). • Diseño definitivo estructural (PBIM09). • Diseño definitivo hidráulico (PBIM010). • Diseño definitivo urbanístico & paisajismo (PBIM11). • Diseño geométrico definitivo de intersecciones (PBIM12). • Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (PBIM13). • Estudio de estructuras existentes (PBIM14). • Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio (PBIM15). • Estudio definitivo de impacto ambiental (PBIM16). • Estudio definitivo hidrología e hidráulica (PBIM17). • Estudio del clima (PBIM18). • Estudio detallado de predios (PBIM19). • Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22).
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe de diseño geométrico. • Presupuesto de obra preliminar. • Memoria de cantidades obra preliminar. • APU's de obra preliminar. • Especificaciones de obra preliminar. • Programación de obra preliminar. • Informe de costos preliminar. • Presupuesto de lineamiento ambiental preliminar. • Presupuesto de AIU preliminar. • Cotizaciones preliminares. • Planos de diseño. • Modelo 3D definitivo intersección vial. • Informe definitivo geológico y geotécnico. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Modelo 3D geológico y geotécnico. • Informe de estudio definitivo de impacto ambiental. • Planos de diseño de obras de mitigación ambiental. • Modelo 3D obras de mitigación ambiental. • Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica. • Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Modelo 3D hidrología e hidráulica. • Informe de diseño definitivo estructural.

	• Planos de diseño definitivo estructural. • Modelo 3D estructural. • Informe de diseño definitivo de pavimentos. • Planos de diseño definitivo de pavimentos. • Modelo 3D pavimentos. • Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Modelo 3D afectación predial. • Informe de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Planos de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Modelo 3D preliminar urbanístico & paisajismo. • Informe de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Planos de diseño definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Modelo 3D definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Modelo 3D preliminar de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Informe de estudio del clima. • Modelo 3D climatológico • Informe de estudio definitivo hidráulica. • Planos de diseño de obras de hidráulica. • Modelo 3D hidráulica. • Informe de diseño definitivo de redes de servicio. • Planos de diseño definitivo de redes de servicio. • Modelo 3D de redes de servicio. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Presupuesto de obra. • Memoria de cantidades. • APU's. • Especificaciones de obra. • Programación de obra. • Informe de costos. • Presupuesto de AIU. • Modelo 4D planificación de la construcción. • Modelo 5D análisis del costo del corredor vial. • Cotizaciones.

Uso de BIM	• Especificaciones LOD modelo 4D y 5D.
	• Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2).
	• Análisis de la seguridad de la construcción para su ejecución (UBIM22).
	• Planificación de materiales y equipos para la construcción del corredor vial (UBIM23).
	• Planificación del sitio UBIM24).
	• Planificación del recurso humano para la construcción del corredor vial (UBIM25).
	• Optimización de la construcción a partir de un modelo 4D (UBIM26).
	• Planificación de la construcción a partir de un modelo 4D (UBIM27).
	• Análisis de la constructibilidad del proyecto (UBIM28).
	• Estimación de tiempo de las actividades de construcción (UBIM29).
	• Análisis del costo del corredor vial a partir de un modelo 5D (UBIM30).
	• Estimación de costos y cantidades (UBIM31).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: estudio definitivo geológico y geotécnico.

ID	PBIM21
Procesos	Estudio definitivo geológico y geotécnico
Descripción	A partir del proceso PT06, el presente proceso tiene como objetivo realizar la identificación de: zonas con movimientos de masa, zonas sísmicas, fuentes de materiales, sitios de botaderos, estructuras necesarias para contenciones, pasos vehiculares, entre otras, por medio del perfil suministrado por el modelo 3D del diseño geométrico, este perfil es exportado a un software profesional de análisis de suelo en el cual se realizara el estudio y clasificación de la estratigrafía del terreno con apoyo de análisis y ensayos de laboratorio, para finalmente zonificar y plantear las soluciones de contención y demás en el modelo 3D con las características de las propiedades físicas y mecánicas del suelo y chequeo normativo de las soluciones de estabilidad y puedan ser tomadas con mayor facilidad por otros profesionales al vincular el modelo geológico y geotécnico a sus diseños.
Participantes	Geólogo Ingeniero de suelos Coordinador del proyecto Líder BIM Líder IPD Líder Lean

Carpetas de entrada	• Alcance y especificaciones del proyecto IPD. • Diseño geométrico definitivo de intersecciones (PBIM12). • Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (PBIM13). • Estudio de estructuras existentes (PBIM14). • Estudio definitivo de impacto ambiental (PBIM16). • Estudio definitivo hidrología e hidráulica (PBIM17). • Estudio detallado de predios (PBIM19). • Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22). • Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D • Anexos de topografía localización del eje y nivelación • Informe de diseño geométrico. • Planos de diseño. • Modelo 3D definitivo intersección vial • Guía geométrica. • Modelo 3D definitivo restricción ambiental. • Informe de estudio definitivo de impacto ambiental. • Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica. • Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica. • Modelo 3D definitivo hidrología e hidráulica. • Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Modelo 3D definitivo amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Evaluación preliminar geológica y geotécnica. • Modelo 3D preliminar geológico y geotécnico. • Planos de evaluación preliminar geológica y geotécnica. • Anexos de evaluación preliminar geológica y geotécnica. • Guía geológica y geotécnica preliminar. • Especificaciones LOD geológica y geotécnica preliminar. • Memorias de cálculo de evaluación preliminar geológica y geotécnica. • Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Modelo 3D definitivo estudio predial. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.

Archivo de salida	• Informe definitivo geológico y geotécnico. • Planos de evaluación geológica y geotécnica. • Modelo 3D geológico y geotécnico. • Anexos de evaluación geológica y geotécnica. • Guía geológica y geotécnica. • Especificaciones LOD geológica y geotécnica.
Uso de BIM	• Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto (UBIM1). • Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2). • Revisión automática de diseños (UBIM5). • Análisis de movimientos de tierra (UBIM16). • Análisis geológico y geotécnico en el corredor vial (UBIM31). • Estimación de costos y cantidades (UBIM32).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: levantamiento topográfico del corredor.

ID	PBIM22
Procesos	Levantamiento topográfico del corredor
Descripción	Partiendo de la definición expuesta en el proceso PT03, el presente proceso tiene como objetivo la creación de la superficie del terreno al igual que la localización y nivelación del eje definitivo del corredor vial, se plantea que el desarrollo de estas actividades se realice por medio de la implementación de tecnologías BIM y el uso de equipo de alta precisión tales como: drones, estaciones u otros, que permitan conseguir la identificación, ubicación y características físicas de los elementos existentes de la zona del proyecto, de tal forma que sea posible disminuir la incertidumbre en la toma de decisiones durante en desarrollo de los estudios y diseños detallados del proyecto.
Participantes	Topógrafo Coordinador del proyecto Líder BIM Líder IPD Líder Lean
Carpetas de entrada	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II. • Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Diseño geométrico del corredor existente. • Informe levantamiento topográfico Fase II. • Modelo 3D topográfico. • Planos topográficos.

	• Carteras de campo de topografía. • Especificaciones LOD modelo topográfico. • Anexos de topografía preliminar. • Modelo 3D geométrico. • Informe diseño preliminar intersección. • Modelo 3D entorno de la intersección. • Carteras de campo levantamiento topográfico. • Carteras de campo levantamiento topográfico. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Imágenes alta resolución. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe topográfico localización del eje y nivelación. • Modelo 3D topográfico localización del eje y nivelación. • Planos topográficos localización del eje y nivelación geométrico 2D. • Carteras de campo localización del eje y nivelación. • Especificaciones LOD localización del eje y nivelación. • Anexos de topografía localización del eje y nivelación.
Uso de BIM	• Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto (UBIM1). • Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2). • Revisión automática de diseños (UBIM5).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: planificación del manejo de tráfico.

ID	PBIM23
Procesos	Planificación del manejo de tráfico
Descripción	A partir del proceso PT19, el presente proceso contempla los modelos 3D de la totalidad del proyecto al igual que las simulaciones 4D y 5D con el fin de poder contemplar el desarrollo de todas las estructuras propuestas y la ubicación de las existentes en el proyecto, de tal forma que sea posible planificar y obtener el escenario que con menos impactos negativos en la movilidad durante la construcción del proyecto.
Participantes	Ingeniero de Tránsito Coordinador del proyecto Líder BIM Líder IPD Líder Lean
	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II.

**Carpetas de
entrada**

- Alcance y especificaciones del proyecto IPD.
 - Actualización de levantamiento de redes existentes (PBIM01).
 - Diseño definitivo de Pavimentos (PBIM06).
 - Diseño definitivo de redes de servicio (PBIM07).
 - Diseño definitivo de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial (SSS&D) (PBIM08).
 - Diseño definitivo estructural (PBIM09).
 - Diseño definitivo hidráulico (PBIM010).
 - Diseño definitivo urbanístico & paisajismo (PBIM11).
 - Diseño geométrico definitivo de intersecciones (PBIM12).
 - Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (PBIM13).
 - Estudio de estructuras existentes (PBIM14).
 - Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio (PBIM15).
 - Estudio definitivo de impacto ambiental (PBIM16).
 - Estudio definitivo hidrología e hidráulica (PBIM17).
 - Estudio del clima (PBIM18).
 - Estudio detallado de predios (PBIM19).
 - Evaluación del presupuesto cronograma de obra y a análisis de constructibilidad definitivo (PBIM20).
 - Estudio definitivo geológico y geotécnico (PBIM21).
 - Levantamiento topográfico del corredor (PBIM22).
-

**Especificación
de carpetas de
entrada**

- Objetivos y alcance del proyecto.
 - Informe de diseño geométrico.
 - Planos de diseño.
 - Modelo 3D definitivo intersección vial.
 - Informe definitivo geológico y geotécnico.
 - Planos de evaluación geológica y geotécnica.
 - Modelo 3D geológico y geotécnico.
 - Informe de estudio definitivo de impacto ambiental.
 - Planos de diseño de obras de mitigación ambiental.
 - Modelo 3D obras de mitigación ambiental.
 - Informe de estudio definitivo de hidrología e hidráulica.
 - Planos de diseño de obras de hidrología e hidráulica.
 - Modelo 3D hidrología e hidráulica.
 - Informe de diseño definitivo estructural.
 - Planos de diseño definitivo estructural.
 - Modelo 3D estructural.
 - Informe de diseño definitivo de pavimentos.
 - Planos de diseño definitivo de pavimentos.
-

	• Modelo 3D pavimentos. • Informe de estudio detallado predial. • Planos de estudio predial. • Modelo 3D afectación predial. • Informe de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Planos de diseño definitivo urbanístico & paisajismo. • Modelo 3D preliminar urbanístico & paisajismo. • Informe de seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Planos de diseño definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Modelo 3D definitivo seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial. • Informe de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Modelo 3D preliminar de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. • Informe de estudio del clima. • Modelo 3D climatológico. • Informe de estudio definitivo hidráulica. • Planos de diseño de obras de hidráulica. • Modelo 3D hidráulica. • Informe de diseño definitivo de redes de servicio. • Planos de diseño definitivo de redes de servicio. • Modelo 3D de redes de servicio. • Modelo 4D planificación de la construcción • Modelo 5D análisis del costo del corredor vial • Presupuesto de obra. • Programación de obra. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Plan de manejo de tráfico. • Modelo 3D plan de manejo de tráfico.
Uso de BIM	• Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2). • Revisión automática de diseños (UBIM5). • Análisis del plan de manejo de tráfico (UBIM33). • Planificación del sitio (UBIM24). • Estimación de costos y cantidades (UBIM31).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: recopilación y revisión de la validez de la información generada en Fase II. Factibilidad.

ID	PBIM24
Procesos	Recopilación y revisión de la validez de la información generada en Fase II. Factibilidad
Descripción	Hace referencia a la recolección de información generada como producto del desarrollo de la Fase II - Factibilidad o Fase de Ingeniería Básica y a su vez a la revisión de los estudios previos existentes con el fin de esclarecer su validez en cuanto a: 1) alcance, es decir, la revisión del cumplimiento o no cumplimiento, del nivel de desarrollo propuesto en el estudio, 2) tiempo, es decir, si el desarrollo de los estudios previos se encuentra en un periodo tiempo vigente en cuanto al criterio de los especialistas el proyecto, esta revisión se hace con el fin de evitar el ingreso de información errónea, inconclusa o deficiente al desarrollo de la nueva fase.
Participantes	Coordinador del proyecto Ingeniero de Transito Topógrafo Ingeniero de Vías Biólogo Geólogo Ingeniero de suelos Ingeniero ambiental Ingeniero de Aguas Ingeniero Estructural Arquitecto Ingeniero de pavimentos Abogado Entidades gubernamentales Ingeniero Auxiliar Ingeniero Hidráulico y Sanitario Ingeniero Eléctrico Ingeniero de Telecomunicaciones Ingeniero de Gas Ingeniero Climático Ingeniero de Costos Dueño Especialista predial Líder BIM Líder IPD

Líder Lean	
Carpetas de entrada	• Entrega final Fase II.
Especificación de carpetas de entrada	• Informe de tránsito preliminar. • Modelo 3D alternativa preliminar. • Carteras de campo de estudio de transito preliminar. • Fotografías de campo estudio de transito preliminar. • Metodología de trabajo y toma de información en campo estudio de transito preliminar. • Análisis de requerimientos en campo estudio de transito preliminar. • Procesamiento y tratamiento de datos estudio de transito preliminar. • Especificaciones LOD estudio de transito preliminar. • Anexos de transito estudio preliminar. • Informe levantamiento topográfico Fase II. • Modelo 3D topográfico. • Planos topográficos. • Carteras de campo de topografía. • Especificaciones LOD modelo topográfico. • Anexos de topografía preliminar. • Modelo 3D geométrico. • Informe diseño preliminar de la intersección. • Planos de diseño preliminar de la intersección. • Guía geométrica preliminar de la intersección. • Especificaciones LOD preliminar de la intersección. • Evaluación preliminar geológica y geotécnica. • Modelo 3D preliminar geológico y geotécnico. • Planos de evaluación preliminar geológica y geotécnica. • Anexos de evaluación preliminar geológica y geotécnica. • Guía geológica y geotécnica preliminar. • Especificaciones LOD geológica y geotécnica preliminar. • Memorias de cálculo de evaluación preliminar geológica y geotécnica. • Modelo 3D preliminar de impacto ambiental. • Informe de estudio preliminar de impacto ambiental. • Planos de diseño preliminar de obras de mitigación ambiental. • Anexos de diseño preliminar de obras de mitigación ambiental. • Presupuesto de lineamiento ambiental preliminar. • Guía impacto ambiental preliminar. • Especificaciones LOD impacto ambiental preliminar. • Estudio preliminar hidrología e hidráulica. • Modelo 3D preliminar hidrología e hidráulica.

-
- Planos de diseño preliminar hidrología e hidráulica.
 - Anexos de estudio preliminar hidrología e hidráulica.
 - Guía preliminar hidrología e hidráulica.
 - Especificaciones LOD preliminar hidrología e hidráulica.
 - Diseño preliminar estructural.
 - Modelo 3D preliminar estructural.
 - Planos de diseño preliminar estructural.
 - Memorias de cálculo preliminar estructural.
 - Anexos de diseño preliminar estructural.
 - Guía preliminar estructural.
 - Especificaciones LOD preliminar estructural.
 - Diseño preliminar de pavimentos.
 - Modelo 3D preliminar de pavimentos.
 - Planos de diseño definitivo de pavimentos.
 - Memoria preliminar de pavimentos.
 - Guía preliminar de pavimentos.
 - Especificaciones LOD preliminar de pavimentos.
 - Modelo 3D preliminar afectación predial.
 - Planos de estudio preliminar afectación predial.
 - Memorias de estudio preliminar afectación predial.
 - Anexos de estudio preliminar afectación predial.
 - Guía preliminar afectación predial.
 - Especificaciones LOD preliminar afectación predial.
 - Modelo 3D preliminar afectación predial.
 - Diseño preliminar urbanístico & paisajismo.
 - Modelo 3D preliminar urbanístico & paisajismo.
 - Planos de diseño preliminar urbanístico & paisajismo.
 - Memorias de diseño preliminar urbanístico & paisajismo.
 - Anexos de diseño preliminar urbanístico & paisajismo.
 - Guía preliminar urbanístico & paisajismo.
 - Especificaciones LOD preliminar urbanístico & paisajismo.
 - Diseño preliminar seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial..
 - Modelo 3D preliminar seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.
 - Planos de diseño preliminar seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.
 - Anexos de diseño preliminar seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.
 - Guía preliminar seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.
-

-
- Especificaciones LOD preliminar seguridad, señalización, semaforización y demarcación vial.
 - Diseño preliminar de redes de servicio.
 - Modelo 3D preliminar de redes de servicio.
 - Planos de diseño preliminar de redes de servicio.
 - Anexos de diseño preliminar de redes de servicio.
 - Guía preliminar de redes de servicio.
 - Especificaciones LOD preliminar de redes de servicio.
 - Estudio preliminar de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
 - Modelo 3D preliminar de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
 - Planos preliminares de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
 - Memorias preliminares de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
 - Anexos preliminares de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
 - Guía preliminar de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
 - Especificaciones LOD preliminar de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
 - Estudio de variables climáticas.
 - Modelo 3D preliminar climatológico.
 - Anexos de estudio preliminar climatológico.
 - Especificaciones LOD preliminar climatológico.
 - Informe de consolidación y cruce.
 - Presupuesto de obra preliminar.
 - Memoria de cantidades obra preliminar.
 - APU's de obra preliminar.
 - Especificaciones de obra preliminar.
 - Programación de obra preliminar.
 - Informe de costos preliminar.
 - Presupuesto de AIU preliminar.
 - Cotizaciones preliminares.
 - Informe preliminar levantamiento de redes existentes.
 - Modelo 3D preliminar levantamiento de redes existentes.
 - Guía levantamiento preliminar levantamiento de redes existentes.
 - Especificaciones LOD preliminar levantamiento de redes existentes.
 - Informe preliminar entorno de la intersección.
 - Modelo 3D preliminar entorno de la intersección.
 - Guía entorno preliminar de la intersección.
 - Especificaciones LOD entorno preliminar de la intersección.
 - Informe preliminar de consolidación de condiciones existentes.
 - Modelo 3D preliminar de consolidación condiciones existentes.
 - Guía consolidación preliminar de condiciones existentes.
-

	• Especificaciones LOD consolidación preliminar de condiciones existentes. • Informe de diseño preliminar de hidráulica. • Planos de diseño preliminar de hidráulica. • Modelo 3D preliminar de hidráulica. • Anexos de diseño preliminar de hidráulica. • Guía preliminar de hidráulica. • Especificaciones LOD preliminar de hidráulica. • Informe preliminar estudio de estructuras existentes. • Modelo 3D preliminar estudio de estructuras existentes. • Guía preliminar estudio de estructuras existentes. • Especificaciones LOD preliminar estudio de estructuras existentes. • Informe de simulación preliminar. • Modelo 3D simulación preliminar de alternativa. • Procesamiento y tratamiento preliminar de datos • Especificaciones LOD preliminar de alternativa. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II.
Uso de BIM	• Revisión automática de diseños (UBIM5).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).

Características del proceso BIM: simulación definitiva de tránsito.

ID	PBIM25
Procesos	Simulación definitiva de tránsito
Descripción	El presente proceso tiene como finalidad realizar la evaluación del análisis de tráfico de la alternativa asegurando el cumplimiento de la capacidad y nivel de servicio que requiere el proyecto, para esto se hace uso de las herramientas de simulación de tráfico y simulación de movilidad del software propuesto con la finalidad de revisión de parámetros tales como distancias de visibilidad de: cruce, adelantamiento, parada y demás que afecten la seguridad y desempeño vial.
Participantes	Ingeniero de Tránsito Coordinador del proyecto Líder BIM Líder IPD Líder Lean
	• Base de datos de los estudios desarrollados en Fase II.

Carpetas de entrada	• Alcance y especificaciones del proyecto IPD. • Actualización del entorno de la intersección (PBIM02). • Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio (PBIM15).
Especificación de carpetas de entrada	• Objetivos y alcance del proyecto. • Estudios de tránsito previos. • Informe de tránsito. • Modelo 3D alternativa. • Modelo 3D entorno de la intersección. • Modelo 3D geométrico. • Informe de simulación preliminar. • Modelo 3D simulación preliminar de alternativa. • Procesamiento y tratamiento preliminar de datos. • Especificaciones LOD preliminar de alternativa. • Informe diseño preliminar intersección. • Formatos, condiciones de manejo y entrega de información. • Documento con recomendaciones y/o proyecciones de estudios o actividades no contempladas en la fase.
Archivo de salida	• Informe de simulación. • Modelo 3D simulación de alternativa. • Procesamiento y tratamiento de datos de simulación de alternativa. • Especificaciones LOD simulación de alternativa.
Uso de BIM	• Modelado 3D de las condiciones existentes del proyecto (UBIM1). • Generación automática de análisis de resultados y documentos de diseño (UBIM2). • Revisión automática de diseños (UBIM5). • Diseño y simulación del tráfico (UBIM34). • Simulación del manejo (UBIM9).
Herramienta LEAN	• Visual Management (VM). • Value Stream Mapping (VSM).