|  |
| --- |
| **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE PUERTO BERRÍO EN LOS DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y SANTANDER** |
| **CAPÍTULO 3. características del proyecto** |
| **CONCESIÓN AUTOPISTA RÍO MAGDALENA S.A.S** |
| **Bogotá D.C., Marzo de 2016** |
|  |

Contenido

[3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 7](#_Toc444787010)

[3.1. Localización 7](#_Toc444787011)

[3.2. Características del proyecto 9](#_Toc444787012)

[3.2.1. Infraestructura existente 9](#_Toc444787013)

[3.2.1.1. Infraestructura vial 9](#_Toc444787014)

[3.2.1.2. Líneas férreas 13](#_Toc444787015)

[3.2.1.3. Las redes y activos de servicios públicos 13](#_Toc444787016)

[3.2.1.4. Infraestructura de la Industria del Hidrocarburo 14](#_Toc444787017)

[3.2.1.5. Patrimonio urbano, arquitectónico, cultural o arqueológico 16](#_Toc444787018)

[3.2.1.6. Áreas protegidas 17](#_Toc444787019)

[3.2.1.7. Comunidades étnicas establecidad 18](#_Toc444787020)

[3.2.1.8. Títulos mineros 19](#_Toc444787021)

[3.2.2. Fases y actividades del proyecto 19](#_Toc444787022)

[3.2.3. Diseño del proyecto 33](#_Toc444787023)

[3.2.3.1 Trazado y características geométricas de las vías a construir objeto del proyecto 33](#_Toc444787024)

[3.2.3.2 Infraestructura asociada al proyecto 102](#_Toc444787025)

[3.2.3.3 Infraestructura y servicios interceptados por el proyecto 111](#_Toc444787026)

[3.2.4. Insumos del proyecto 134](#_Toc444787027)

[3.2.4.1 Materiales de construcción 134](#_Toc444787028)

[3.2.4.2 Materiales y productos como combustibles, aceites, grasas, disolventes, entre otros. 135](#_Toc444787029)

[3.2.4.3 Insumos procesados como concreto hidráulico, concreto asfáltico, prefabricado y triturados, entre otros. 136](#_Toc444787030)

[3.2.4.4 Explosivos 136](#_Toc444787031)

[3.2.4.5 Material sobrante 136](#_Toc444787032)

[3.2.5. Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación y de construcción y demolición a nivel de factibilidad 138](#_Toc444787033)

[3.2.5.1 ZODME 1 138](#_Toc444787034)

[3.2.5.2 ZODME 4 145](#_Toc444787035)

[3.2.5.3 ZODME 9 149](#_Toc444787036)

[3.2.5.4 ZODME 10 153](#_Toc444787037)

[3.2.6. Residuos peligrosos y no peligrosos 158](#_Toc444787038)

[3.2.6.1 Clasificación de los residuos Generados. 158](#_Toc444787039)

[3.2.6.2 Estimación de los residuos generados. 159](#_Toc444787040)

[3.2.6.3 Impactos generados 161](#_Toc444787041)

[3.2.6.4 Manejo de Residuos 161](#_Toc444787042)

[3.2.7. Costos del proyecto 162](#_Toc444787043)

[3.2.8. Cronograma Organización del proyecto 163](#_Toc444787044)

[3.2.9. Organización del proyecto 163](#_Toc444787045)

[BIBLIOGRAFÍA 165](#_Toc444787046)

ÍNDICE DE TABLAS

[Tabla 3‑1 Coordenadas de inicio y finalización del proyecto –UF4 Variante 7](#_Toc444787047)

[Tabla 3‑2 Clasificación de los tipos de vías para Colombia 9](#_Toc444787048)

[Tabla 3‑3 Descripción general de las vías existentes dentro del área del proyecto 11](#_Toc444787049)

[Tabla 3‑4 Empresas de servicios públicos presentes en el área del proyecto 13](#_Toc444787050)

[Tabla 3‑5 Bienes de Interés Cultural del ámbito Nacional reportados en los municipios de Puerto Berrío (Antioquia) y Cimitarra (Santander) 17](#_Toc444787051)

[Tabla 3‑6 Descripción de las y actividades para el proyecto 19](#_Toc444787052)

[Tabla 3‑7 Generalidades del diseño 32](#_Toc444787053)

[Tabla 3‑8 Ancho de zona 34](#_Toc444787054)

[Tabla 3‑9 Ancho de calzada (m) 35](#_Toc444787055)

[Tabla 3‑10 Bombeo de la calzada 35](#_Toc444787056)

[Tabla 3‑11 Ancho de Berna 36](#_Toc444787057)

[Tabla 3‑12 Velocidades Especificas UF 4 Variante Puerto Berrío 39](#_Toc444787058)

[Tabla 3‑13 Trazado en Alzado UF4 –Variante Puerto Berrío 40](#_Toc444787059)

[Tabla 3‑14 Trazado en Alzado 2, UF4- Variante Puerto Berrío 41](#_Toc444787060)

[Tabla 3‑15 Características generales diseño geométrico 42](#_Toc444787061)

[Tabla 3‑16 Características sección Transversal 43](#_Toc444787062)

[Tabla 3‑17 Bermas de despeje 44](#_Toc444787063)

[Tabla 3‑18 Ubicación de los puentes en el proyecto, 45](#_Toc444787064)

[Tabla 3‑19 Ubicación de las pilas para el viaducto sobre el Río Magdalena 48](#_Toc444787065)

[Tabla 3‑20 Características generales de materiales a utilizar 57](#_Toc444787066)

[Tabla 3‑21 Reacciones en apoyos 59](#_Toc444787067)

[Tabla 3‑22 Tope estructural de pilotes 59](#_Toc444787068)

[Tabla 3‑23 Características de los Materiales a utilizar 72](#_Toc444787069)

[Tabla 3‑24 Glorietas propuestas 77](#_Toc444787070)

[Tabla 3‑25 Vías interceptadas por el proyecto 79](#_Toc444787071)

[Tabla 3‑26 Periodo de retorno 80](#_Toc444787072)

[Tabla 3‑27 Ocupaciones de cauce para Obras de arte y drenaje 93](#_Toc444787073)

[Tabla 3‑28 Ubicación de los puentes y viaductos del proyecto 95](#_Toc444787074)

[Tabla 3‑29 Ubicación de las pilas 95](#_Toc444787075)

[Tabla 3‑30 Sitios de extracción y comercialización de material autorizados 103](#_Toc444787076)

[Tabla 3‑31 Plantas de concreto 104](#_Toc444787077)

[Tabla 3‑32 Plantas de asfalto 107](#_Toc444787078)

[Tabla 3‑33 Materiales necesarios para la producción en las plantas de asfalto y concreto. 109](#_Toc444787079)

[Tabla 3‑34 Redes o infraestructura de hidrocarburos interceptados 110](#_Toc444787080)

[Tabla 3‑35 Profundidad mínima dela tubería en la vía – API 1102 111](#_Toc444787081)

[Tabla 3‑36 Datos de propiedades mecánicas de tubos – API 1102 115](#_Toc444787082)

[Tabla 3‑37 Ubicación de la interferencia eléctrica 116](#_Toc444787083)

[Tabla 3‑38 Distancia mínima de seguridad para diferentes situaciones 119](#_Toc444787084)

[Tabla 3‑39 Distancia mínima en vanos con líneas de diferentes tensiones 119](#_Toc444787085)

[Tabla 3‑43 Cruces con redes de datos, telefonía e internet 122](#_Toc444787086)

[Tabla 3‑44 Mediciones firmes y hormigones para el proyecto 132](#_Toc444787087)

[Tabla 3‑45 Balance de masas para el desarrollo del proyecto UF1 134](#_Toc444787088)

[Tabla 3‑46 Descripción general de las ZODME 136](#_Toc444787089)

[Tabla 3‑47 Características de Cohesión y Angulo de fricción del suelo 137](#_Toc444787090)

[Tabla 3‑48 Capacidad portante y altura máxima de las ZODME 138](#_Toc444787091)

[Tabla 3‑49 Características de la ZODME 1 141](#_Toc444787092)

[Tabla 3‑50 Características de la ZODME 4 144](#_Toc444787093)

[Tabla 3‑51 Características de la ZODME 9 148](#_Toc444787094)

[Tabla 3‑52 Características de la ZODME 10 154](#_Toc444787095)

[Tabla 3‑53 Estimación de residuos sólidos a generar por el proyecto 158](#_Toc444787096)

[Tabla 3‑54 Estimación de residuos sólidos a generar por el proyecto 158](#_Toc444787097)

[Tabla 3‑55 Cronograma para la ejecución del proyecto de construcción de la variante Puerto Berrío en los departamentos de Antioquia 161](#_Toc444787098)

ÍNDICE DE FIGURAS

[Figura 3.1 Mapa de localización general para el proyecto de construcción de la variante Puerto Berrío 8](#_Toc444787099)

[Figura 3.2 Vías existentes en el área del proyecto 11](#_Toc444787100)

[Figura 3.3 Zonas de exploración, producción y/o transporte de derivados de los hidrocarburos en el área de influencia del proyecto 16](#_Toc444787101)

[Figura 3.4 Sección típica transversal de una vía primaria 33](#_Toc444787102)

[Figura 3.5 Sección Transversal variante Puerto Berrío 43](#_Toc444787103)

[Figura 3.6 Planta y alzado general del Viaducto sobre el río Magdalena 47](#_Toc444787104)

[Figura 3.7 Planta y alzado del tramo inicial de aproximación 1 50](#_Toc444787105)

[Figura 3.8 Planta y alzado del tramo de aproximación 2 50](#_Toc444787106)

[Figura 3.9 Perfil Tablero Tramo de aproximación 51](#_Toc444787107)

[Figura 3.10 Plata y Alzado tramo central 52](#_Toc444787108)

[Figura 3.11 Tablero Tramo central 53](#_Toc444787109)

[Figura 3.12 Vista frontal del cabezal en P19 54](#_Toc444787110)

[Figura 3.13 Alzado del cabezal en P19 54](#_Toc444787111)

[Figura 3.14 Alzado del cabezal en P20 55](#_Toc444787112)

[Figura 3.15 Alzado del cabezal en pila P18 y P21 55](#_Toc444787113)

[Figura 3.16 Modelo Viaducto sobre el río Magdalena 56](#_Toc444787114)

[Figura 3.17 Modelo de estribo 58](#_Toc444787115)

[Figura 3.18 Pilas h<30 m 60](#_Toc444787116)

[Figura 3.19 Modelo de pila 61](#_Toc444787117)

[Figura 3.20 Pilas h 30 -50 m 62](#_Toc444787118)

[Figura 3.21 Esquema de penínsulas para plataformas provisionales en zonas inundables 67](#_Toc444787119)

[Figura 3.22 Proceso constructivo del tramo central del viaducto sobre el Río Magdalena 68](#_Toc444787120)

[Figura 3.23 Sección transversal por pila tablero ejecutado en avance en voladizo 69](#_Toc444787121)

[Figura 3.24 Sección transversal por pila tablero ejecutado en avance en voladizo 69](#_Toc444787122)

[Figura 3.25 Puente Quebrada Sandovala PK 11+500- Vista de planta y alzado 70](#_Toc444787123)

[Figura 3.26 Puente Quebrada Sandovala PK 11+500- plano general 71](#_Toc444787124)

[Figura 3.27 Planta y alzado E 11+500 73](#_Toc444787125)

[Figura 3.28 Sección transversal E 11+500 74](#_Toc444787126)

[Figura 3.29 Pretensado de viga E11+500 74](#_Toc444787127)

[Figura 3.30 Alzado de estribo cargadero E 11+500 75](#_Toc444787128)

[Figura 3.31 Sección Estribo cargadero 76](#_Toc444787129)

[Figura 3.32 Muros de suelo reforzado 76](#_Toc444787130)

[Figura 3.33 Glorieta PK14+100 77](#_Toc444787131)

[Figura 3.34 Glorieta PK0+500 78](#_Toc444787132)

[Figura 3.35 Características generales de cunetas de desmonte 83](#_Toc444787133)

[Figura 3.36 Detalle general de Bordillo 84](#_Toc444787134)

[Figura 3.37 Detalle de zanjas de corona en desmonte y zanjas en pie de terraplenes 85](#_Toc444787135)

[Figura 3.38 Sección tipo Para desmonte peseta – aleta y Terraplén aleta- aleta, estas dependerán del diámetro del tubo a utilizar, el cual se detalla en los planos anexos 86](#_Toc444787136)

[Figura 3.39 Sección tipo para cajones simples de hormigos, estas medidas varían de acuerdo con los diseños presentados en los diseños geométricos de cada sección 87](#_Toc444787137)

[Figura 3.40 Detalle de implantación de tubos y cajones para la construcción de las obras de arte 88](#_Toc444787138)

[Figura 3.41 Esquema Cruce de tubería -API 1102 111](#_Toc444787139)

[Figura 3.42 Esquema de esfuerzos asumidos por la tubería. Simulado en SAP2000 114](#_Toc444787140)

[Figura 3.43 Resultado de Esfuerzos 115](#_Toc444787141)

[Figura 3.44 Distancia “d” y “d1” en cruces y recorridos de vías 118](#_Toc444787142)

[Figura 3.45 Cárcamo con la tubería 126](#_Toc444787143)

[Figura 3.46 Esquema general en perfiles- Ubicación cuneta saco suelo - cemento 140](#_Toc444787144)

[Figura 3.47 Sección de cuneta en saco suelo- cemento en bermas intermedias 140](#_Toc444787145)

[Figura 3.48 Vista frontal ZODME 1 141](#_Toc444787146)

[Figura 3.49 Vista ZODME 1 142](#_Toc444787147)

[Figura 3.50 Vista ZODME 4 146](#_Toc444787148)

[Figura 3.51 Vista ZODME 9 150](#_Toc444787149)

[Figura 3.52 Sección de zanjas drenaje para manejo de aguas drenaje natural 153](#_Toc444787150)

[Figura 3.53 Vista frontal ZODME 10 153](#_Toc444787151)

[Figura 3.54 Vista ZODME 10 155](#_Toc444787152)

[Figura 3.55 Organigrama del proyecto 162](#_Toc444787153)

# DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

## Localización

El proyecto “Construcción Variante Puerto Berrío” se inicial al Occidente del municipio de Puerto Berrío (departamento de Antioquia), cruzando sobre el Río Magdalena y continuando hacia el Oriente por el municipio de Cimitarra (Santander), hasta conectar con la Ruta del Sol, contando con una longitud total de 14,4km. En la Tabla 3‑1 se relacionan las Coordenadas de inicio y final y su longitud.

Tabla 3‑1 Coordenadas de inicio y finalización del proyecto –UF4 Variante

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| UF | **Sector** | Coordenadas de Inicio Magna Sirgas Origen Bogotá | | Coordenadas Finales Magna Sirgas Origen Bogotá | | Longitud aprox. (Km) |
| **Este** | **Norte** | **Este** | **Norte** |
| UF4 Variante | Variante Puerto Berrio | 958171 | 1209160 | 969226 | 1210167 | 14,4 |

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Entre las abscisas K0+000 al K7+400 el proyecto se encuentra localizado en la subregión del Magdalena Medio del departamento de Antioquia en el municipio de puerto Berrío, atravesando las veredas Las Flores y El Jardín. Entre las abscisas K7+400 a K7+941 el proyecto se cruza con el Río Magdalena y entre las abscisas K7+941 al K14+400 el proyecto se localiza en el departamento de Santander en la vereda Puerto Olaya. De manera general el proyecto se ubica aproximadamente a una altitud de 120 m. En la Figura 3.1 se presenta el mapa de localización general del proyecto (Ver detalle en Anexo Capítulo 3, Numeral 3.1 y en el Anexo de Información Cartográfica/ EIACLGPVPB-001).

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.1 Mapa de localización general para el proyecto de construcción de la variante Puerto Berrío

Fuente. Géminis Consultores S.A.S:, 2015

## Características del proyecto

De manera general el proyecto “Construcción de la variante Puerto Berrío” comprende el diseño, construcción y operación de una calzada sencilla de un tramo de 14,4 Km.

Este proyecto contempla la construcción de un viaducto sobre el río Magdalena y un puente sobre la quebrada Sandovala, dos (2) intersecciones viales con la vía existente ubicados al inicio (PK 0+500) y final del trazado (PK 14+100), contempla la construcción de infraestructura asociada al proyecto la cual correspondiente a cuatro (4) Zonas de Disposición de Materiales de Excavación, en adelante ZODME, tres (3) áreas para plantas de procesos (una planta de asfalto y dos planta de concreto) y un (1) campamento habitacional para un máximo de 200 personas.

EL proyecto se desarrollará en un tiempo estimado de construcción de 5 años, donde se ejecutará la obra de construcción del viaducto sobre el río Magdalena y se proyecta una fase de operación de 25 años.

A continuación se presentan las características del proyecto a nivel de factibilidad atendiendo al Título II de la Ley 1682

Cada una de las estructuras anteriormente mencionadas se describe a continuación.

### Infraestructura existente

La infraestructura asociada fue definida a partir de recorridos detallados sobre el área de influencia del proyecto teniendo, al respecto se identificaron los siguientes componentes definidos en el Artículo 7 de la Ley 1682 de noviembre de 2013:

#### Infraestructura vial

Teniendo en cuenta la clasificación de vías en Colombia, la cual se muestra en la Tabla 3‑2 , se describe las vías encontradas en el área de influencia del proyecto.

Tabla 3‑2 Clasificación de los tipos de vías para Colombia

| Tipo de vía | Descripción |
| --- | --- |
| Vía Tipo 1 | 5-8 m de ancho pavimentadas |
| Vía Tipo 2 | 5-8 m de acho sin pavimentar |
| Vía Tipo 3 | 2-5 m de ancho pavimentadas |
| Vía Tipo 4 | 2-5 m de ancho sin pavimentar |
| Vía Tipo 5 | Caminos transitables en tiempo seco |
| Vía Tipo 6 | Camino |
| Vía Tipo 7 | Sendero |

Fuente: (IGAC, 2015)

El proyecto “Construcción Variante Puerto Berrío” busca optimizar la vía nacional No 62 (Ruta 62), la cual conecta el departamento de Santander y Antioquia a la altura de los municipios de Cimitarra y Puerto Berrío a través del puente Monumental sobre el río Magdalena.

Construido en 1956 para la comunicación entre departamentos la estructura metálica del puente Monumental se comprende de un arco principal de 150 m de longitud y cinco arcos de 76m, teniendo una longitud total de 540 m, posee 7 pilares de acero a una profundidad entre 60 a 80 pies, y una altura aproximada de 13 metros sobre la lámina de agua del río Magdalena. Este puente

El puente cuenta con una calzada sencilla para el tránsito de vehículos, una cicloruta, un paso peatonal y una línea férrea la cual pertenecía a la empresa Ferrocarriles de Antioquia y en la actualidad esta línea férrea es utilizada por los habitantes del área para movilizar materiales, productos y personal mediante “Planchones” de madera realizados por la misma comunidad.

La Ruta 62 (6206 Código Nacional INVIAS) es una ruta de tipo 1, a cual conecta al municipio de Cisneros con Puerto Berrío (Incluyendo el puente Monumental) en el departamento de Antioquia, empalmando a la Ruta 45 en el municipio de Puerto Olaya en el departamento de Santander, con un total de 114,3 km, es una vía Tipo 1 para transito mixto. (INVIAS, 2014). La Figura 3.2 muestra la infraestructura vial existente dentro del área del proyecto.

|  |
| --- |
| C:\Users\kate\Downloads\Vias del proyecto_Def.jpg |

Figura 3.2 Vías existentes en el área del proyecto

Fuente. Géminis Consultores S.A.S:, 2015

Teniendo en cuenta la Figura 3.2, a continuación, se describen las vías encontradas en el área del proyecto y su intervención por el proyecto.

Tabla 3‑3 Descripción general de las vías existentes dentro del área del proyecto

| Código | Nombre | Tipo | Longitud (Km) | Descripción |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 36650 | Ruta 6206 | 1 |  | Permite el transporte entre el campamento Puerto Berrío y el casco urbano de Puerto Berrío en dirección occidente - Oriente y en sentido contrario así como cruzar el Rio Magdalena hacia el municipio de San Juan, empalmando con la Ruta del Sol. A lo largo del tramo de esta ruta se encuentran los ZODME designados para el desarrollo del proyecto, referenciados de la siguiente forma:  - UF4 -10: En el K0+000 del trazado de la UF4 , desde el centro de puerto Berrío en dirección Oriente - Occidente aprox. 6,781 Km.  - UF4 - 9: Aprox. en el K1+400 del trazado de la UF4 , desde el centro de puerto Berrío en dirección Oriente - Occidente, una distancia aprox. de 5,252 Km.  - UF4 - 4: Aprox. en el K14+400 del trazado de la UF4 , desde el centro de puerto Berrío en dirección Occidente - Oriente, una distancia aprox. de 6,117  - UF4 - 1: A 13,5 Km de Puerto Berrío en dirección Oriente - Occidente.  Aproximadamente a 5,7 Km del centro de Puerto Berrío en sentido Occidente - Oriente. Empalma con la vía 36239 y a aprox. 9 km del centro de P. Berrío en sentido Oriente - Occidente. Empalma con la vía 36989. |
| 36989 |  | 4 | 1,721 | Desde la planta de asfalto Margarita hacia el sur conecta con la Ruta 6206 (36650) permitiendo el desplazamiento desde y hacia Puerto Berrío |
| 36675 |  | 5 | 3,91 | Conecta el centro de Puerto Berrío en ambos sentidos (norte y sur) en dirección a la planta de concreto Río Magdalena Margen Izquierdo (M.I) conectando con la via 37009 |
| 37009 |  | 8 | 0,494 | Continua el camino hacía a la planta de concreto Río Magdalena Margen Izquierdo (M.I) desde la 36675 en sentido oriente - occidente (y viceversa) conectando con la via 36403 |
| 36403 |  | 7 | 1,05 | Sobre esta via se encuentra el acceso a la planta de concreto Río Magdalena Margen Izquierdo (M.I), además conecta la via 37009 con el trazado de la UF4. |
| 36239 |  | 4 | 5,753 | Conecta hacia el sur con la Ruta 6206 (36650) y hacia el norte con la Via 36344 en dirección a la planta de concreto Río Magdalena Margen Derecho (M.D) |
| 36344 |  | 5 | 0,624 | Empalma con la Via 36239 y da acceso a la planta de concreto Río Magdalena Margen Izquierdo (M.I) hacia el occidente |
| 36348 |  | 5 | 0,253 | Conecta la Via 36239 con el trazado del proyecto UF4 a la altura del Km 9 en dirección no-oriente |
| 36399 |  | 7 | 1,923 | Conecta la Via 36239 con trazado de la UF4 a la altura del km 11.5 en dirección Occidente -Oriente |

Fuente: Géminis Consultores S.A.S, 2015

Las vías utilizadas por el proyecto, serán adecuadas y se realizarán el mantenimiento respectivo con rodillo y motoniveladora, con el fin de mantener las condiciones óptimas para la movilización de vehículos del proyecto.

#### Líneas férreas

En el área de influencia del proyecto se identifican la Red ferrocarril oriente-occidente y rehabilitación línea férrea Medellín para la integración de subregiones del Magdalena Medio, esta línea no se afectará por la ejecución del proyecto de “Construcción de la Variante Puerto Berrio”

#### Las redes y activos de servicios públicos

En el área de influencia del proyecto se encuentran las empresas de servicios públicos que se relacionan en la Tabla 3‑4, las cuales presentan diferentes servicios a la región.

Tabla 3‑4 Empresas de servicios públicos presentes en el área del proyecto

| Empresa | Descripción |
| --- | --- |
| Aguas del Puerto | Presta el servicio de acueducto y alcantarillado.  La red de acueducto tiene una distribución por gravedad  La red de alcantarillado está constituida por tuberías y pozos de inspección para entrega de afluente |
| EPM | Suministra la red eléctrica y de alumbrado público, mediante postes de madera y concreto, así como cableado a través del cual se realiza su distribución. |
| ISA | Presta el servicio de transporte de energía eléctrica de alta tensión, mediante torres eléctricas y concreto, así como cableado a través del cual se realiza su distribución |
| EDATEL | Presta el servicio de telefonía, datos e internet, en el área se encuentran diferentes redes de fibra óptica. |
| ECOPETROL | Empresa pública encargada de realizar el transporte de derivados de hidrocarburos a través de la redes de flujo a presión que se encuentran en el área del proyecto |
| PROMIGAS | Empresa encargada de la distribución del gas natural a partir de tubería que llega al predio mediante acometida domiciliaria. |

Fuente: APIA XXI gpo, 2015

Los servicios públicos interceptados por el proyecto se describen en el apartado “*3.2.3.3. Infraestructura y servicios interceptados”* del capítulo 3. Adicionalmente la cobertura de servicios públicos en el área de influencia del proyecto se describe a detalle en el capítulo 5 del presente estudio.

#### Infraestructura de la Industria del Hidrocarburo

Para a la infraestructura petrolera se identificada dentro del área de influencia del proyecto diferentes áreas de perforación y líneas de flujo para derivado de los hidrocarburos, los cuales se relaciona a continuación:

* Área de Perforación Exploratoria Campo las Quichas, se encuentra al oriente del área de influencia del proyecto, en el departamento de Santander, a cargo de la empresa KAPPA RESOURCES COLOMBIA LTDA., mediante el expediente LAM 1470. El proyecto de “Construcción de la Variante Puerto Berrio” se sobrepone con el campo en el tramo de la abscisa PK13+500 al PK14+400 y con el área del ZODME 4 y ZODME 1.
* Área de Exploración de Hidrocarburos Arce, se encuentra a cargo de la empresa PACIFIC STRATUS ENERGY COLOMBIA CORP., mediante el expediente LAM 1470, se encuentra al sur oriente del área de influencia, en el departamento de Santander, el trazado se sobrepone con el campo en el tramo de la abscisa PK13+000 al PK13+500
* Área de Perforación Exploratoria Antorcha, se ubica al occidente del área de influencia, en el departamento de Antioquia, se encuentra a cargo de la empresa PAN ANDEAN COLOMBIA. El trazado del proyecto se sobrepone con esta área desde la abscisa PK0+00 al PK5+200 y las áreas del ZODME 4 y ZODME 9.
* Campo Chicala, se encuentra ubicada al oriente del área de influencia, en el departamento de Santander, esta área se encuentra a cargo de la empresa MANSAROVA ENERGY COLOMBIA LTD. Mediante el expediente LAM 2903. El proyecto se sobrepone con esta área en el tramo de la abscisa PK8+00 al PK13+00, donde se incluye la planta de hormigón MD, la cual se ubica en el Cluster Chicala -8.
* Dentro del área de influencia del proyecto, al oriente de la misma, se encuentra el Propanoducto Galán – Sebastopol, el cual se encuentra a cargo de la empresa ECOPETROL S.A.S. bajo el expediente 4886. Esta infraestructura es interceptada en la abscisa PK10+200 del trazado del proyecto.
* Otros proyectos asociados a la producción o transporte de derivados de los hidrocarburos que se encuentran en del área de influencia del proyecto, a cargo de la empresa ECOPETROL S.A.S son: el poliducto Galán- Salgar bajo el expediente 785, el Poliducto Galán- Sebastopol, Oleoducto Vosconia- CIB y el Poliducto de Oriente, estos ubicados al sur- Oriente del área de influencia, en el departamento de Santander. También se encuentra el poliducto Sebastopol – San Jose del Nus al sur occidente del área de influencia del proyecto en el departamento de Antioquia. Cabe destacar que esta infraestructura no se intersecta por el trazado u obras relacionadas con el proyecto “Construcción de la Variante Puerto Berrio”.

La Figura 3.3 ubican los proyectos de exploración, producción y/o transporte de derivados de los hidrocarburos identificados en el área de influencia del proyecto. La infraestructura de hidrocarburos que intercepta con el proyecto se detalla en el apartado “*3.2.3.3. Infraestructura y servicios interceptados”* del capítulo 3.

|  |
| --- |
| C:\Users\ambiental1\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\Polígonos.png |

Figura 3.3 Zonas de exploración, producción y/o transporte de derivados de los hidrocarburos en el área de influencia del proyecto

Fuente. Ecogerencia, 2016

#### Patrimonio urbano, arquitectónico, cultural o arqueológico

La construcción de la variante Puerto Berrío se ubica en zonas distantes de centros poblados, sin embargo, para la validación de presencia de Bienes de Interés Cultural del ámbito Nacional – BIC-Nal, se solicitó al Ministerio de Cultura mediante el oficio de radicado MC-011237-ER de 09 Jun de 2015, el pronunciamiento sobre alguno de estos elementos en el área de influencia del proyecto. Al respecto, el Ministerio de Cultura se pronunció mediante radicado MC-010025-EE-2015 de junio de 2015, señalando el listado de BIC presentes en los municipios de Puerto Berrío y Cimitarra. (Ver Tabla 3‑5; Anexo 2.2.)

Tabla 3‑5 Bienes de Interés Cultural del ámbito Nacional reportados en los municipios de Puerto Berrío (Antioquia) y Cimitarra (Santander)

| Id | Departamento | Municipio | Nombre |
| --- | --- | --- | --- |
| 81 | Antioquia | Puerto Berrío | Estación del Ferrocarril Cabañas |
| 83 | Estación del Ferrocarril Calera |
| 84 | Estación del Ferrocarril Cristalina |
| 87 | Estación del Ferrocarril P/N del Puerto |
| 88 | Estación del Ferrocarril Puerto Berrío |
| 90 | Estación del Ferrocarril Virginias |
| 91 | Hotel Magdalena |
| 898 | Santander | Cimitarra | Estación del Ferrocarril Carare |

Fuente: Adaptado de Ministerio de Cultura, (2015)

A partir de la información enviada por el Ministerio de Cultura se realizó la verificación de las BIC respecto el área de influencia del proyecto. Finalmente se identificó que los BIC-Nal reportados para los municipios de Cimitarra y Puerto Berrío no se encuentran en el área de influencia del proyecto.

Respecto al patrimonio Arqueológico se realizó la prospección arqueológica en los sitios previamente identificados como zonas de interés arqueológico, para lo cual se presentan los respectivos resultados en el capítulo 5 de este documento (ítem 5.3.6 Componente arqueológico)

#### Áreas protegidas

Respecto a la relación de áreas protegidas y la infraestructura del proyecto de construcción de la Variante Puerto Berrío, se verificó que ésta no se encuentra asociada a áreas en proceso de declaratoria de reserva, exclusión o áreas protegidas. Para certificar la existencia de estas áreas en el proyecto se solicitó a las autoridades ambientales correspondientes verificar dicha información (Ver Capítulo 2/ 2.1.2 Certificaciones de entidades y Anexo 2.2). Al respecto, el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) mediante el oficio 8210-E2-18776 de junio de 2015 generó en concepto en el cual señala que el área del proyecto no se intercepta con áreas de Bosque Seco Tropical, Reservas de la Biósfera, sitios RAMSAR, AICAS, zonas de Reserva de Ley 2da o áreas Forestales protectoras. Sin embargo, el mismo concepto señala que un aproximado de 6 ha del proyecto se traslapan con la capa de humedales a escala 1:500.000, correspondientes al Río Magdalena.

Acorde con lo anterior, en el presente estudio se abordó el Río Magdalena como un ecosistema sensible, para el cual se establecieron acciones de manejo que permitieran reducir los impactos del proyecto sobre el ecosistema.

Por otra parte, Parques Nacionales Naturales, mediante el oficio 20152400030361 – 06-2015 se pronunció informando que el área del proyecto no se encuentra traslapadas con información cartográfica incorporada por las diferentes autoridades ambientales en el registro único Nacional de Áreas Protegidas (RUAP) establecido en el decreto 2372 del año 2010. (Ver Anexo 2.2)

Para el caso de las reservas de carácter privado, a RESNATUR señala mediante el oficio CE-114-2015 de 10 de jun de 2015 que en el municipio de Cimitarra se presenta la Reserva Natural El Paraíso, declarada mediante Resolución 082 de 2014 del MADS, en la cual se reportan las coordenadas de localización y con las cuales fue posible comprobar que esta no se encuentra presente en el área de influencia del proyecto. (Ver Anexo 2.2)

#### Comunidades étnicas establecida

Para la certificación de comunidades éticas relacionadas con la infraestructura del proyecto se solicitó la certificación al Ministerio del Interior mediante oficio EXTMI15-0018774, (ver Anexo 2.2). Como respuesta el Ministerio del Interior emitió la Certificación 590 de 4 mayo de 2015, en la cual se señala en “*Que no se registra presencia de comunidades Indígenas, Minorías y Rom, en el área del proyecto: PROYECTO AUTOPISTAS DE LA PROSPERIDADAUTOPISTA RÍO MAGDALENA 2: REMEDIOS (OTÚ) - ALTO DE DOLORES- PUERTO BERRÍO- VARIANTE PUERTO BERRÍO*" y que para el mismo proyecto “*no se registra presencia de comunidades Negras, Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras*”.

Adicionalmente, se solicitó ante ICODER la certificación de la presencia o no de territorios de comunidades indígenas o afrocolombianas (ver Anexo 2.2). Mediante el oficio 201552156796 del 28 de julio de 2915 señaló que el área de influencia del proyecto no se cruza, intersecta o traslapa con territorios legalmente titulados.

#### Títulos mineros

Para identificar la presencia de títulos mineros relacionados con la infraestructura del proyecto se solicitó a la Agencia Nacional Minera - ANM mediante el oficio 2015-5510188652 se certifique la existencia o no y localización de títulos mineros vigentes o en proceso de adjudicación en dicha área (ver Anexo 2.2). Como respuesta la ANM remitió el reporte gráfico de los títulos y solicitudes mineras vigentes, encontrado que para el área de influencia del proyecto “Construcción de la variante Puerto Berrío”, donde se registra que para esta area no se presentan títulos mineros vigentes.

Respecto a procesos de solicitud, el proyecto se cruza con 5 polígonos identificados con los códigos OJN-14411, OG2-083911, PHQ-14041, PIF-08531 y OG2-083911. Al respecto la Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S. realizará los protocolos de manejos según lo establecido por la ANM y adelantaran acercamientos con los titulares mineros de acuerdo con lo establecido en la ley 1682 del 22 de noviembre de 2013

### Fases y actividades del proyecto

Para el desarrollo y ejecución del proyecto “Construcción de la variante Puerto Berrío” se han identificado cuatro (4) fases las cuales integran un total veinte y nueve (29) actividades del proyecto. A continuación la Tabla 3‑6 presenta la descripción de las actividades del proyecto y objeto a licenciar

Tabla 3‑6 Descripción de las y actividades para el proyecto

| No | Actividad | Descripción |
| --- | --- | --- |
| **Fase de Pre-construcción:**  Los pasos iníciales a desarrollar en esta fase son, la definición de los objetivos del proyecto y de los recursos necesarios para su ejecución. Las características del proyecto implican la necesidad de una fase o etapa previa destinada a la preparación del mismo. A continuación, se describe las actividades que tendrán lugar en esta fase. | | |
| 1 | Adquisición de predios a intervenir y pago de servidumbres | Se refiere a la actividad previa a toda intervención, que consiste en la compra de las áreas donde se requerirá el establecimiento de infraestructura para el proyecto (plantas de asfalto, concreto, campamento.), a través de la concertación con los propietarios y poseedores de los inmuebles y de mecanismos claros de negociación comercial |
| 2 | Contratación de mano de obra y compra y/o alquiler de bienes y servicios | Esta actividad se considera preliminar, pero también va a darse durante la etapa constructiva. La actividad consiste en la vinculación del personal profesional, técnico y operativo que se requiere para el desarrollo de todas las actividades civiles y socio ambientales relacionadas con la ejecución del proyecto. Es una actividad que integra las políticas corporativas del concesionario encargado de ejecutar el proyecto, el cumplimiento de la legislación laboral vigente y la debida información municipios y comunidades en cuanto a magnitud y procedimientos.  La contratación del personal calificado y poco calificado se realizará con base en las necesidades de cada actividad constructiva, para lo cual se dará preferencia a la mano de obra disponible en el área de influencia del proyecto. |
| 3 | Desarrollo de actividades de prospección arqueológica | La prospección arqueológica es todo el conjunto de trabajos o procedimientos de laboratorio o de campo, dirigidos a la búsqueda de yacimientos arqueológicos o a saber la importancia de acontecimientos pasados. El hallazgo algunas veces es casual, pero también se pueden encontrar al buscar de forma metódica, esto se consigue mediante planes de prospección.  Estas actividades se realizan previas al inicio de obras con el fin de identificar cualquier tipo de hallazgo arqueológico, en caso de realizarse un hallazgo se realiza un trabajo de recuperación arqueológica en la zona.  Para el desarrollo de la prospección arqueológica se realizará con acompañamiento del ICANH, el cual supervisara la actividad. |
| **Fase de construcción:**  A continuación, se describen las principales actividades a desarrollar para la Construcción de la variante Puerto Berrío | | |
| 4 | Instalación y operación de infraestructura temporal | La instalación de infraestructura temporal se refiere a la necesidad de colocar estructuras temporales para el desarrollo de las obras, esta actividad es susceptible de producir impactos debido a la demanda de recursos naturales y generación de escombros, adicionalmente por la generación de vertimientos de las aguas residuales, generación de accidentes, de ruido, de olores, a la producción de emisiones de material particulado y gases, generación de aceites, residuos sólidos, manejo de combustible, operación de vehículos y de maquinaria y demanda de recursos naturales. En cuanto a la operación de dicha infraestructura esta se refiere a todas las actividades que se deben desarrollar en estos sitios para el manejo adecuado de la obra. |
| 5 | Instalación y operación de campamentos habitacionales | La construcción y/o adecuación de campamentos para alojamiento de personal, almacenamiento de insumos químicos, centro operativo, acopio de materiales, e infraestructura asociada.  La construcción de estas instalaciones dependerá de los resultados obtenidos durante la perforación exploratoria y se realizará en forma gradual conforme avance el proyecto, desde la fase de obras civiles hasta el abandono final, pasando por perforación y pruebas iniciales y extensas de producción  Campamentos temporales los cuales dependerá de las distancias y número de frentes de obra según la necesidad de cada actividad.  Estos campamentos se podrán adecuar o construir durante cualquier etapa del proyecto y se podrán utilizar los derechos de vía utilizados para la vía existente y a construir. |
| 6 | Localización y replanteo | Comprende lo referente a la ejecución de las labores de localización y replanteo de las obras proyectadas, y al control topográfico, planimétrico y altimétrico de las mismas, al inicio y durante la construcción, con base en las coordenadas y cotas indicadas en los planos del proyecto. |
| 7 | Movilización de materiales de construcción, insumos, maquinaria, equipos, vehículos y residuos | En esta actividad se define el transporte hacia los diferentes frentes de trabajo del personal, equipos, herramientas y materiales, efectuado con suficiente anticipación a la iniciación de los trabajos de construcción.  También se incluye la movilización de residuos a las zonas de acopio temporal, ZODME´s, o disposición final.  Los trabajos de movilización se realizarán con los medios más adecuados para evitar daños por las vías de acceso y zonas aledañas por donde se realice el transporte. Para el transporte de equipos pesados o livianos, se utilizarán camiones tipo cama-bajas o cama-altas y se asegurarán dichos equipos con elementos tales como polines, sacos y cadenas para garantizar que durante el transporte no ocurran accidentes que puedan afectar tanto a los elementos transportados como al entorno en su trayecto.  Los vehículos que se utilicen para el transporte serán los apropiados, tanto en número como en capacidad, para no sobrepasar ni las dimensiones ni los límites de carga dados para las vías y puentes por donde se transite. Estos estarán en óptimas condiciones mecánicas para no ocasionar interrupciones en el tráfico. |
| 8 | Operación de maquinaria | Operación de los equipos y maquinaria requerida para la construcción y puesta en marcha de las estructuras requeridas por el proyecto dentro de las área de intervención. |
| 9 | Desmonte y descapote | Consiste en la remoción de arbustos, rastrojos, malezas y, en general, de todo el material vegetal que haya en las áreas de construcción y de locaciones de apoyo para la construcción del proyecto y sus accesos. Incluye el retiro de raíces y suelos que contengan materia orgánica, arcillas expansivas o cualquier otro material que el Interventor considere inapropiado para la construcción de la obra. En esta actividad se contempla el transporte y disposición final del material sobrante, además se considera susceptible de producir impactos debido a la generación de residuos sólidos, el arrastre de material y a la pérdida de cobertura vegetal.  El equipo empleado para la ejecución de los trabajos de desmonte y descapote deberá ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere la aprobación previa del interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajuste al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la especificación.  El desmonte consiste en el retiro de todo el material vegetal hasta el nivel del terreno natural, de manera tal que la superficie quede despejada. Esta actividad incluye la tala y eventual corte de árboles y arbustos, el corte de maleza y tocones así como la remoción, transporte y disposición de todos los residuos en las respectivas áreas destinadas como Zona de Manejo de Escombros y Material de Excavación (ZODME).  Se prevé realizar el aprovechamiento forestal únicamente en las áreas estrictamente requeridas |
| 10 | Demolición | Guarda estrecha relación con labores ligadas al mejoramiento de corredores existentes, o a la construcción en ambientes urbanos y semi-urbanos que conllevan demolición de inmuebles, de elementos estructurales, y en general de mobiliario vial y urbanístico para dar paso al nuevo corredor o proyecto. En otras palabras tiene una connotación asociada indirectamente a afectación de asentamientos humanos que habitan los inmuebles a retirar o demoler para dar paso al movimiento de tierras y en general a las típicas obras de infraestructura vial.  Comprende demolición como tal, cargue de escombros, acarreo de escombros y disposición final de los mismos en las ZODME |
| 11 | Excavaciones | Comprende la remoción con maquinaria de cualquier material por debajo del nivel final del descapote hasta las líneas y cotas especificadas en los planos. Se utilizarán retroexcavadoras y buldóceres, siempre que tales equipos y materiales no causen daños a infraestructuras existentes en el entorno de la obra.  El material de excavación que se extraerá del terreno será evaluado para ser reutilizado; si no es apto para relleno, se dispondrá entonces en las ZODME. |
| 12 | Zona de Manejo de Escombros y Material de Excavación (ZODME). | Constituye la actividad de cargue, transporte y disposición final de materiales de excavación sobrantes y escombros que no se usen en las actividades constructivas del proyecto, los cuales se colocan de manera controlada y planificada en zonas dispuestas para el manejo de los mismos. Estas ZODME se disponen a lo largo de ella en terrenos con coberturas vegetales en pastos y con escasos árboles objeto de aprovechamiento, con accesos cercanos a la vía principal objeto de construcción del proyecto |
| 13 | Base, sub-base y afirmado | Consiste en la eventual disgregación del material de la subrasante existente o de la subrasante conformada en las excavaciones, el retiro o adición de materiales, la mezcla, humedecimiento o aireación, compactación y perfilado final de la banca, de acuerdo con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos del proyecto |
| 14 | Instalación y operación de procesos (Asfalto y concreto) | Se contara con áreas adaptadas para la operación de plantas de Asfalto y Concreto.  En estas se realizan las actividades propias de cada planta, con el fin de contar con insumos permanentes y necesarios para la ejecución del proyecto. También se contaran con áreas de almacenamiento de material, el cual será cargado y movilizado a las áreas de operación.  La descripción de cada una de las plantas se encuentra en el numeral 3.2.3.2. Del presente capitulo. |
| 15 | Construcción de obras hidráulicas y obras de arte. | Las obras hidráulicas consiste en la construcción de las alcantarillas y estructuras de concreto tipo Box Coulvert que recogerán las aguas, con el fin de garantizar su flujo natural. Estas obras tendrán las estructuras de entrada y salidas que encauzarán las aguas, así como estructuras de entregas requeridas como disipadores de velocidad, evitando procesos de erosión o de socavación hacia aguas debajo de las mismas. Las obras de arte se diseñaron para el manejo y control de escorrentía, para evitar inestabilidades debidas a la erosión, así como la contaminación y alteración del patrón de drenaje de los cuerpos de agua próximos.  Como parte de las obras de drenaje, se incluyen igualmente los filtros, cuya función está encaminada a captar y conducir aguas sub-superficiales, protegiendo la banca lateralmente, especialmente en los tramos en corte y sección mixta. Por otro lado en el ámbito de la ingeniería vial, la expresión “obras de arte” refiere la materialización de estructuras de acompañamiento a la banca vial, las cuales se componen esencialmente de obras de drenaje y obras de estabilización, las cuales por lo regular se construyen mediante el uso de cemento, es decir en concreto hidráulico reforzado y/o simple.  Con respecto a obras de estabilización, se hace referencia principalmente a muros de contención de taludes de corte o de terraplén, los cuales se pueden ejecutar de diversas formas y materiales (concreto reforzado, concreto simple, gavión, entre otros) |
| 16 | Cimentación y pilotaje | Comprende la construcción de pilas, pilotes, zapatas y/o dados y columnas que sirven para soportar la superestructura de estas obras.  Estos se realizarán sobre el lecho de los cauces a intervenir. |
| 17 | Construcción de viaducto sobre el Río Magdalena | La tipología establecida para la construcción del puente depende de la luz principal a ser librada, las posibilidades de aplicar métodos constructivos y la optimización de los materiales. Para el viaducto sobre el Río Magdalena la obra presentará una longitud de 1350 metros aproximadamente y contará con tramos de aproximación están formados por vanos isostáticos de 40 m de luz y el tramo central cuenta con luz de 100m entre las primeras pilas en el lecho del río y un tramo central con una luz de 200m .  La actividad incluye las actividades para las obras de protección de orillas y la construcción de pilotes y caisson, estas actividades son susceptibles de producir impactos sobre el Río Magdalena por el manejo de materiales dentro de su cauces y por la demanda de recursos naturales; también debido a la ocupación de cauces, a la operación de maquinaria y equipos y a la probabilidad de derrames de concreto |
| 18 | Construcción del Puente Sandovala | La tipología establecida para la construcción del puente depende de la luz principal a ser librada, las posibilidades de aplicar métodos constructivos y la optimización de los materiales. Los estribos de este puente se encuentran en los puntos de recorrido 11+473 y 11+513 con una luz de 40 m.  Esta actividad incluye las actividades para las obras de protección de orillas y la construcción de pilotes y caisson, estas actividades son susceptibles de producir impactos sobre los cuerpos de agua por el manejo de materiales dentro de los cauces y por la demanda de los recursos naturales; también debido a la ocupación de cauces, a la operación de maquinaria y equipos y a la probabilidad de derrames de concreto |
| 19 | Estructura de rodadura | Consiste en la materialización de la estructura de pavimento, la cual se compone por lo regular de capas de material pétreo que sirven de apoyo estructural a la capa final de rodadura, compuesta por lo regular de una base y de una capa de rodadura en mezcla asfáltica. El material granular proviene de plantas de trituración de materiales granulares y la mezcla asfáltica igualmente por lo regular proviene de plantas industriales donde se fabrica el concreto asfáltico con tecnologías especialmente encaminadas a este propósito.  Lo característico de esta actividad es el acarreo o movilización de los materiales granulares desde las plantas respectivas hasta el lugar de acopio, donde se extienden y compactan por capas sobre la banca lista o preparada técnicamente en pos de conformar la denominada corona de la carretera. En estos procesos de compactación se emplea el agua como elemento que contribuye a densificar las capas granulares, para lograr la resistencia estructural que se requiere ante las cargas que transmitirá el accionar del tráfico vehicular.  En lo concerniente a las capas asfálticas, acontece igualmente el acarreo, es decir el transporte de la mezcla asfáltica a altas temperaturas, de tal forma que al llegar a los frentes de trabajo sea de factible manipulación para su extendido y compactación técnica, conformando así la calzada o zona de circulación vehicular. Conviene indicar que la estructura de pavimento va acompañada de obras laterales que protegen su estabilidad estructural, especialmente ante el accionar de las aguas lluvias; estas son las cunetas, los canales laterales, los sardineles y/o los bordillos, los cuales se pueden asimilar como obras de arte y que por lo regular se fabrican en concreto hidráulico. |
| 20 | Tratamiento de taludes | Se hace referencia a los recubrimientos y protecciones que se proveen a los taludes de corte y de terraplén, dada la exposición a la intemperie (vientos, lluvia, radiación solar) a la que se ven expuestos, y que pueden comprometer su estabilidad geotécnica, afectando la seguridad en operación vehicular.  Comprende obras como zanjas de coronación para minimizar el accionar de las aguas de escorrentía, la inducción vegetal mediante técnicas forestales como la empradización, la siembra de semillas, las fajinas, los biomantos, la siembra arbustiva, etc. Dado el posible comportamiento previamente analizado, puede comprender además obras preventivas y de reforzamiento estructural como son los trinchos, los pernos para anclaje o “amarre” y los muros de confinamiento referidos en la actividad “Obras de arte”.  Se puede afirmar en términos generales que el tratamiento de taludes refiere un accionar donde los impactos significativos se centran principalmente en el componente físico, centrado esencialmente en los suelos y en las aguas de escorrentía superficial. |
| 21 | Empradización y revegetalización | Consiste en la plantación de césped y/o semillas sobre taludes de terraplenes, cortes, sitios de disposición final y otras áreas del proyecto. Estas actividades son susceptibles de producir impactos debido a la generación, transporte y disposición final de escombros y a la demanda de recursos naturales |
| 22 | Instalación de dispositivos de control de tráfico | Hace referencia a la colocación a todo lo largo de la carretera, de la señalización vial vertical y horizontal, de tipo preventivo, reglamentario e informativo, así como de elementos de seguridad como defensas metálicas, barandas y otros componentes por lo regular prefabricados.  Es entonces la fase en la cual se provee el mobiliario requerido para garantizar la adecuada operación vehicular, y la seguridad de los moradores y peatones que interactúan con el corredor vial. Puede suponer además la construcción de zonas de paraderos, puentes peatonales, áreas de accesibilidad lateral, dispositivos de restricción al paso peatonal, entre otros. |
| **Fase de Abandono y Restauración Final:**  Incluye: el retiro de infraestructura e instalaciones sanitarias; frente al mantenimiento vial, se realiza la reconformación de accesos y entrega a la comunidad; recuperación ambiental, incluyendo el manejo paisajístico, limpieza final; información a comunidades. | | |
| 23 | Desmantelamiento de instalaciones temporales | Se define como el conjunto de procedimientos y acciones que se deberá llevar a cabo en la etapa final o abandono de la actividad para en lo posible devolver a su estado inicial las zonas intervenidas por una instalación.  El plan incorpora las medidas orientadas a prevenir impactos ambientales y riesgos durante el cierre de la fase constructiva, considera acciones como restablecer las áreas, puntualizar las acciones de descontaminación, restauración, retiro de instalaciones temporales y otras necesarias para abandonar el área, asegurando que el lugar recuperado no represente riesgos a la salud y seguridad humana, ni que signifique impactos al ambiente ni pasivos ambientales, |
| 24 | Limpieza final de los sitios de trabajo | Se retiran todas las infraestructuras, realizando la limpieza general del área, garantizando que en ella quede libre de residuos, o infraestructura abandonada. |
| 25 | Manejo Paisajístico | Como parte del mejoramiento visual de la zona donde se construyen las obras se plantea una adecuación e integración de las obras con el paisaje de las diferentes áreas con la ejecución de embellecimiento del paisaje de las construcciones para ser compatibles con el ambiente.  El manejo paisajístico puede ser de interés para la creación de paisajes, la recuperación de paisajes degradados, regulando el frágil equilibrio existente entre el protagonismo formal de la intervención y su adecuación al paisaje. |
| **Fase de Operación:**  El proyecto incluye la operación de la del corredor vial por un período de 25 años, durante los cuales realizará labores de mantenimiento de la zona de rodamiento, obras conexas, áreas verdes y estructuras relacionadas | | |
| 26 | Tránsito de vehículos | Se refiere al tránsito permanente de vehículos de diferentes categorías en el sistema vial.  Para el tránsito vehicular se instalaran los respectivos controles viales y señalización adecuada establecida por el Ministerio de Transporte, realizando su mantenimiento preventivo y correctivo adecuado durante la operación del proyecto. |
| 27 | Limpieza y mantenimiento de cunetas y obras de arte | Su propósito es remover obstrucciones que detengan o restrinjan el flujo de agua superficial a través de zanjas, cunetas sumideros y bordillos, de manera de proveer un flujo sin interrupción hacia el exterior de la vía para prevenir daños estructurales.  En caso de cunetas no revestidas se requiere restaurar su sección transversal y la línea de flujo.  Para la limpieza de obras de drenaje transversales se removerán obstrucciones que detengan o restrinjan el flujo de agua a través de las alcantarillas, manteniendo la integridad de sistema de drenaje previniendo daños de la estructura vial  Mantenimiento preventivo y correctivo en el viaducto y el puente, previniendo y corrigiendo fallas encontradas por desgastes de material, entre otras. |
| 28 | Recuperación de capa asfáltica | Actividades, adecuada y oportunas, destinadas a asegurar el funcionamiento aceptable a largo plazo de las vías, incluyendo actividades como: mantenimiento rutinario, periódico y rehabilitación  El mantenimiento rutinario de vías pavimentadas es un mantenimiento preventivo que comprende un conjunto de actividades que se realizan en la calzada y en el entorno de las vías.  También se incluye reparaciones menores y localizadas de la superficie asfáltica de la via, limpieza permanente de la calzada Algunas de las acciones que se incluyen en esta .actividad son:  - Rocería y limpieza del derecho de vía  - Identificación de fisuras, grietas, desgate de la capa asfáltica, entre otras.  -Reposición de sellos de juntas en pavimentos rígidos  - Bacheo  -Riego en negro  - Selo de arena asfalto  - reparación de bordes de pavimentos asfalticos  - Limpieza de vías, bermas, recuperación de señalización  -Remoción de derrumbes  - Mantenimiento de muros de contención  - entre otras. |
| 29 | Mantenimiento de la señalización | El mantenimiento de la señalización es el conjunto de actividades que se realizan para conservar de manera funcional y en buen estado todos los dispositivos utilizados para regular la circulación vehicular, y así garantizar que los viajes sean cómodos y seguros.  El propósito de efectuar el mantenimiento de la señalización vial es conservar las señales, las demarcaciones y demás dispositivos, de manera que permitan a los usuarios de la vía su fácil identificación, lectura e interpretación, y así se garantice la transmisión adecuada del mensaje que debe dar la señalización y la coherencia con las condiciones imperantes del tránsito, del diseño geométrico y del entorno general de la carretera. |

Fuentes: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

### Diseño del proyecto

En base a las especificaciones técnicas del proyecto, características de diseño recogidas en el Apéndice Técnico y al Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, se exponen a continuación el conjunto de parámetros de diseño que han de ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar geométricamente el trazado (Ver Figura 3.4):

Tabla 3‑7 Generalidades del diseño

| Características | Valor |
| --- | --- |
| Clase de carretera | Primaria |
| Velocidad de diseño | 80 km/h |
| Radio Mínimo | 229 m |
| Radio Máximo | 1.600 m |
| Pendiente máxima adoptada | 6% |
| Pendiente mínima Adoptada | 0,3% |
| valor máximo del peralte adoptado | 7% |
| Bombeo (Alineaciones rectas) | 2% |

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S

* Las alineaciones rectas han sido incluidas, cumpliendo las longitudes máximas y mínimas que determina la normativa, donde la orografía del terreno lo ha permitido. Asimismo, se ha tenido en cuenta el capítulo 2.1 del manual del INVIAS relativa al cálculo de la Ve de diseño de los elementos circulares en planta.
* Se indica que las curvas y los peraltes han sido calculados siguiendo los criterios y las formulas indicadas en el manual de diseño geométrico.

#### Trazado y características geométricas de las vías a construir objeto del proyecto

La variante Puerto Berrío se constituye por un tramo de una longitud de 14,4 km en calzada sencilla, en la cual se incluyen un (1) viaducto el cual se ubica sobre el río Magdalena, con una longitud total de aproximadamente 1360 metros sobre el Río Magdalena y (1) puentes en la quebrada Sandovala.

##### Clasificación de la carretera

* **Por su funcionalidad:** Según los criterios definidos por el INVIAS, por su funcionalidad la variante Puerto Berrío es clasificada como una vía de primer orden, la cual hará parte integral de la Ruta Nacional 62.
* **Por su topografía:** Según los criterios definidos por el INVIAS, la variante Puerto Berrío corresponde a una vía de topografía Ondulada. con velocidad de diseño de VTR 80Km/h la cual puede varias hasta 20Km/h en determinados casos y radios mínimos de 229 m y pendiente máxima del 6%

##### Elementos

Para la sección transversal del proyecto Variante Puerto Berrío, se han considerado elementos incluidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVIAS) (INVIAS, 2008), donde la sección transversal típica en el caso de vías primarias es (Ver Figura 3.4):

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.4 Sección típica transversal de una vía primaria

Fuente: INVIAS Figura 5.1

A continuación se describen los elementos de diseñados para el proyecto.

###### Ancho de la zona o derecho de vía:

Es la faja de terreno destinada a la construcción, mantenimiento, futuras ampliaciones, si la demanda de tránsito así lo exige, servicios de seguridad, servicios auxiliares y desarrollo paisajístico, el cual dependerá del tipo de vía a construir, según lo establecido en la ley 1228 de 2008, en su Artículo 2, donde se establece las zonas de reserva para carreteras de la red vial nacional el cual se muestra en la Tabla 3‑8

Tabla 3‑8 Ancho de zona

| Categoría de la carretera | Ancho de zona (m) |
| --- | --- |
| Carreteras de primer orden | 60 |
| Carreteras de segundo orden | 45 |
| Carreteras de tercer orden | 30 |

Fuente: (Congreso de la Republica, 2008)

Teniendo en cuenta que la variante Puerto Berrío será una vía de categoría primaria de una calzada sencilla su ancho de zona estará entre 24 y 30 metros.

###### Corona

Es el conjunto formado por la calzada y las bermas. El ancho de corona es la distancia horizontal medida normalmente al eje entre los bordes interiores de las cunetas.

Para el proyecto Construcción Variante Puerto Berrío la corona establecida en la sección tipo tendrá 10.9 m**.**

###### Calzada

Es la parte de la corona destinada a la circulación de los vehículos y está constituida por dos o más carriles, entendiéndose por carril la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

El ancho de la calzada se adopta en función del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras según como se muestra en la Tabla 3‑9 Ancho de calzada (m)Tabla 3‑9

Tabla 3‑9 Ancho de calzada (m)



Fuente: INVIAS Tabal 5.2

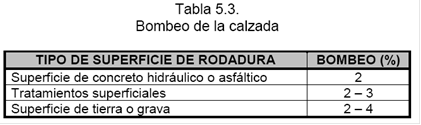
Teniendo en cuenta lo anterior el ancho de la calzada se adopta en función Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVIAS, 2008), el cual para el proyecto Construcción Variante Puerto Berrío será de 7,30 metros.

###### Pendiente Transversal en entretangencias horizontales

Es la pendiente que se da a la corona y a la subrasante con el objeto de facilitar e escurrimiento superficial del agua.

En entretangencias horizontales las calzadas deben tener, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal denominada bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura. En la Tabla 3‑10 muestra el tipo de bombeo de la para la construcción de la variante a Puerto Berrío.

Tabla 3‑10 Bombeo de la calzada

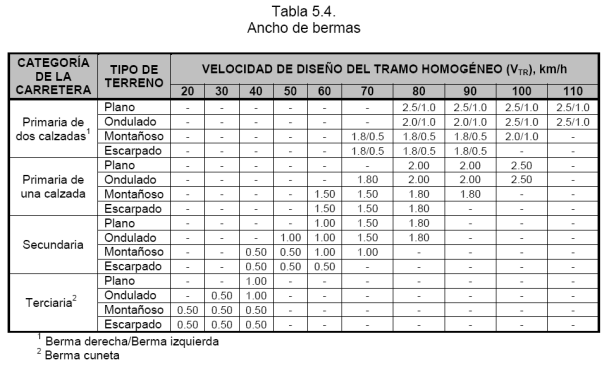


Fuente: INVIAS Tabal 5.3

###### Bermas

La berma es la faja comprendida entre el borde de la calzada y la cuneta. Proporciona protección al pavimento y a sus capas inferiores, que de otro modo se verían afectadas por la erosión y la inestabilidad; permite detenciones ocasionales de los vehículos; asegura una luz libre lateral que actúa sicológicamente sobre los conductores aumentando de este modo la capacidad de la vía y ofrece espacio adicional para maniobras de emergencia aumentando la seguridad. La Tabla 3‑11 muestra el ancho de Berna establecido por INVIAS

Tabla 3‑11 Ancho de Berna



Fuente: INVIAS Tabla 5.2

Las bermas deben tener la misma pendiente transversal que el carril de circulación adyacente, bien sea en entretangencia o en curva. Para la variante Puerto Berrío el ancho de las bermas será de 1,8 metros.

###### Sobre ancho en las curvas

En curvas de radio reducido, según sea el tipo de vehículos comerciales que circulan habitualmente por la carretera, se debe ensanchar la calzada con el objeto de asegurar espacios libres adecuados entre los vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales o que se adelantan en calzadas unidireccionales, y entre el vehículo y el borde de la calzada.

###### Cunetas

Son zanjas abiertas en el terreno, revestidas o no, que recogen y canalizan longitudinalmente las aguas superficiales y de infiltración. Sus dimensiones se deducen de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta la intensidad de lluvia prevista, naturaleza del terreno, pendiente de la cuneta, área drenada.

En la variante Puerto Berrío se establecerán cunetas aproximadas de 1.50 m de ancho.

###### Taludes previstos en cortes y terraplenes

Los taludes son los planos laterales que limitan la explanación. Su inclinación se mide por la tangente del ángulo que forman tales planos con la vertical en cada sección de la vía.

La inclinación de los taludes de corte es variable a lo largo de la vía según sea la calidad y estratificación de los suelos encontrados. Los taludes en corte y en terraplén se deben diseñar de acuerdo con los lineamientos presentados en el “Manual de Estabilidad de Taludes” del Instituto Nacional de Vías, analizando las condiciones específicas del lugar, en relación con los aspectos geológico – geotécnicos, facilidades de mantenimiento, perfilado y estética, para optar por la solución más conveniente, entre diversas alternativas

En el caso de la construcción de terraplenes en laderas con pendientes pronunciadas, se deben construir escalones que minimicen el riesgo de deslizamiento por un eventual plano de contacto y además faciliten el proceso de compactación de las capas de dicho terraplén.

En la variante Puerto Berrío los taludes proyectados serán de 1H:1V, 4H:3V y 2H:3V.

###### Andenes y senderos peatonales

* Separadores

El presente estudio contempla la construcción de la variante Puerto Berrío en una calzada sencilla, por lo cual no se incluyen separadores en la obra.

* Línea de chaflanes

Corresponde a la representación en planta de los bordes de la explanación o líneas que unen las estacas de chaflán consecutivas. Estas líneas indican hasta dónde se extiende lateralmente el movimiento de tierras por causa de cortes o terraplenes. Para la variante Puerto Berrío se establece la línea de chaflanes de manera gráfica en el Anexo Capítulo 3. Numeral 3.2.3

##### Infraestructura de transporte del proyecto

La infraestructura de transporte corresponde a los componentes de la obra cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio, los cuales deben contar con niveles adecuados de seguridad y comodidad

Para el proyecto de construcción de la Variante Puerto Berrío, se diseña una vía o carretera primaria bidireccional de una calzada y cuya velocidad de diseño es de 80 Km/h.

El trazado de la variante de la UF4 se inicia en Puerto Berrío Oeste, en el PK. 0+000 (Fin UF3), y finaliza en el PK. 14+400.

El trazado se ha definido con el programa Istram 11.17.05.04, verificado el cumplimiento del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del Instituto Nacional de Vías del año 2008.

Al tratarse de una carretera primaria, en terreno ondulado- montañoso, con una Velocidad de Diseño de 80 Km/h y no hay diferencias de velocidad mayores a 20 Km/h entre tramos adyacentes, se concluye que se trata de un único tramo homogéneo (PK 0+000 – PK 14+400) cuya Velocidad de Diseño del tramo homogéneo es VTR=80 Km/h.

Una vez analizado el eje del trazado de la UF4 Variante, se comprueba que las Velocidades Especificas de las curvas horizontales (VCH) y de las entretangencias horizontales (VETH) varían entre 80-100 Km/h.

###### Descripción de las vías

La infraestructura vial para la variante Puerto Berrío comprende 14,4 km en calzada sencilla, en la cual se incluye la construcción de dos (2) puentes. A continuación se describe los parámetros de diseños y diseños de la vía a construir.

* Velocidades específicas

Al realizar el diseño sobre el eje principal de la vía que define la UF4 Variante Puerto Berrío, se obtienen las siguientes velocidades Específicas de diseño. (Ver Tabla 3‑12)

Tabla 3‑12 Velocidades Especificas UF 4 Variante Puerto Berrío



Fuente: Concesión Autopista Rio Magdalena S.A.S, 2015

* Características Geométricas - Alzado

A continuación se describen las principales características geométricas de la rasante del eje principal del proyecto Construcción Variante Puerto Berrío (UF4) (Ver Tabla 3‑13)

Tabla 3‑13 Trazado en Alzado UF4 –Variante Puerto Berrío

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **P.K.** | **COTA** | **PENDIENTE** | **LONGITUD** | **PARAMETRO** | **LONGITUD** |
|  |  | **(m.)** | **(%)** | **(m.)** | **(Kv.)** | **ACUERDO (m.)** |
|  | **+49,822** | **126,686** |  |  |  |  |
|  |  |  | -2,135 | 381,551 |  |  |
| Tang. Entrada | +332,560 | 120,650 |  |  |  |  |
| **Vértice 1** | **+431,373** | **118,540** |  |  | **7500** | 197,625 |
| Tang. Salida | +530,185 | 119,034 |  |  | CONCAVO |  |
|  |  |  | 0,500 | 481,774 |  |  |
| Tang. Entrada | +850,647 | 120,636 |  |  |  |  |
| **Vértice 2** | **+913,147** | **120,949** |  |  | **5000** | 125,000 |
| Tang. Salida | +975,647 | 119,699 |  |  | CONVEXO |  |
|  |  |  | -2,000 | 245,443 |  |  |
| Tang. Entrada | 1+058,590 | 118,040 |  |  |  |  |
| **Vértice 3** | **1+158,590** | **116,040** |  |  | **4000** | 200,000 |
| Tang. Salida | 1+258,590 | 119,040 |  |  | CONCAVO |  |
|  |  |  | 3,000 | 346,738 |  |  |
| Tang. Entrada | 1+385,328 | 122,842 |  |  |  |  |
| **Vértice 4** | **1+505,328** | **126,442** |  |  | **4000** | 240,000 |
| Tang. Salida | 1+625,328 | 122,842 |  |  | CONVEXO |  |
|  |  |  | -3,000 | 511,649 |  |  |
| Tang. Entrada | 1+816,977 | 117,093 |  |  |  |  |
| **Vértice 5** | **2+016,977** | **111,093** |  |  | **10000** | 400,000 |
| Tang. Salida | 2+216,977 | 113,093 |  |  | CONCAVO |  |
|  |  |  | 1,000 | 748,490 |  |  |
| Tang. Entrada | 2+702,967 | 117,953 |  |  |  |  |
| **Vértice 6** | **2+765,467** | **118,578** |  |  | **5000** | 125,000 |
| Tang. Salida | 2+827,967 | 117,640 |  |  | CONVEXO |  |
|  |  |  | -1,500 | 539,569 |  |  |
| Tang. Entrada | 3+230,036 | 111,609 |  |  |  |  |
| **Vértice 7** | **3+305,036** | **110,484** |  |  | **5000** | 150,000 |
| Tang. Salida | 3+380,036 | 111,609 |  |  | CONCAVO |  |
|  |  |  | 1,500 | 330,927 |  |  |
| Tang. Entrada | 3+565,963 | 114,398 |  |  |  |  |
| **Vértice 8** | **3+635,963** | **115,448** |  |  | **7000** | 140,000 |
| Tang. Salida | 3+705,963 | 115,098 |  |  | CONVEXO |  |
|  |  |  | -0,500 | 1042,788 |  |  |
| Tang. Entrada | 4+618,751 | 110,534 |  |  |  |  |
| **Vértice 9** | **4+678,751** | **110,234** |  |  | **8000** | 120,000 |
| Tang. Salida | 4+738,751 | 110,834 |  |  | CONCAVO |  |
|  |  |  | 1,000 | 686,725 |  |  |
| Tang. Entrada | 5+312,976 | 116,576 |  |  |  |  |
| **Vértice 10** | **5+365,476** | **117,101** |  |  | **7000** | 105,000 |
| Tang. Salida | 5+417,976 | 116,839 |  |  | CONVEXO |  |
|  |  |  | -0,500 | 1245,725 |  |  |
| Tang. Entrada | 6+506,201 | 111,398 |  |  |  |  |
| **Vértice 11** | **6+611,201** | **110,873** |  |  | **7000** | 210,000 |
| Tang. Salida | 6+716,201 | 113,498 |  |  | CONCAVO |  |

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Tabla 3‑14 Trazado en Alzado 2, UF4- Variante Puerto Berrío

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **P.K.** | **COTA** | **PENDIENTE** | **LONGITUD** | **PARAMETRO** | **LONGITUD** |
|  |  | **(m.)** | **(%)** | **(m.)** | **(Kv.)** | **ACUERDO (m.)** |
|  |  |  | 2,500 | 1037,995 |  |  |
| Tang. Entrada | 7+449,196 | 131,822 |  |  |  |  |
| **Vértice 12** | **7+649,196** | **136,822** |  |  | **8000** | 400,000 |
| Tang. Salida | 7+849,196 | 131,822 |  |  | CONVEXO |  |
|  |  |  | -2,500 | 659,621 |  |  |
| Tang. Entrada | 8+233,817 | 122,207 |  |  |  |  |
| **Vértice 13** | **8+308,817** | **120,332** |  |  | **3000** | 150,000 |
| Tang. Salida | 8+383,817 | 122,207 |  |  | CONCAVO |  |
|  |  |  | 2,500 | 435,445 |  |  |
| Tang. Entrada | 8+624,262 | 128,218 |  |  |  |  |
| **Vértice 14** | **8+744,262** | **131,218** |  |  | **4000** | 240,000 |
| Tang. Salida | 8+864,262 | 127,018 |  |  | CONVEXO |  |
|  |  |  | -3,500 | 684,632 |  |  |
| Tang. Entrada | 9+335,519 | 110,524 |  |  |  |  |
| **Vértice 15** | **9+428,894** | **107,256** |  |  | **4500** | 186,750 |
| Tang. Salida | 9+522,269 | 107,863 |  |  | CONCAVO |  |
|  |  |  | 0,650 | 1035,694 |  |  |
| Tang. Entrada | 10+392,088 | 113,517 |  |  |  |  |
| **Vértice 16** | **10+464,588** | **113,988** |  |  | **10000** | 145,000 |
| Tang. Salida | 10+537,088 | 113,408 |  |  | CONVEXO |  |
|  |  |  | -0,800 | 544,548 |  |  |
| Tang. Entrada | 10+934,136 | 110,232 |  |  |  |  |
| **Vértice 17** | **11+009,136** | **109,632** |  |  | **10000** | 150,000 |
| Tang. Salida | 11+084,136 | 110,157 |  |  | CONCAVO |  |
|  |  |  | 0,700 | 632,956 |  |  |
| Tang. Entrada | 11+582,092 | 113,642 |  |  |  |  |
| **Vértice 18** | **11+642,092** | **114,062** |  |  | **10000** | 120,000 |
| Tang. Salida | 11+702,092 | 113,762 |  |  | CONVEXO |  |
|  |  |  | -0,500 | 725,325 |  |  |
| Tang. Entrada | 12+324,917 | 110,648 |  |  |  |  |
| **Vértice 19** | **12+367,417** | **110,436** |  |  | **5000** | 85,000 |
| Tang. Salida | 12+409,917 | 110,946 |  |  | CONCAVO |  |
|  |  |  | 1,200 | 436,268 |  |  |
| Tang. Entrada | 12+748,685 | 115,011 |  |  |  |  |
| **Vértice 20** | **12+803,685** | **115,671** |  |  | **5000** | 110,000 |
| Tang. Salida | 12+858,685 | 115,121 |  |  | CONVEXO |  |
|  |  |  | -1,000 | 370,392 |  |  |
| Tang. Entrada | 13+088,577 | 112,822 |  |  |  |  |
| **Vértice 21** | **13+174,077** | **111,967** |  |  | **9000** | 171,000 |
| Tang. Salida | 13+259,577 | 112,736 |  |  | CONCAVO |  |
|  |  |  | 0,900 | 382,328 |  |  |
| Tang. Entrada | 13+486,405 | 114,778 |  |  |  |  |
| **Vértice 22** | **13+556,405** | **115,408** |  |  | **10000** | 140,000 |
| Tang. Salida | 13+626,405 | 115,058 |  |  | CONVEXO |  |
|  |  |  | -0,500 | 202,581 |  |  |
| Tang. Entrada | 13+708,986 | 114,645 |  |  |  |  |
| **Vértice 23** | **13+758,986** | **114,395** |  |  | **10000** | 100,000 |
| Tang. Salida | 13+808,986 | 114,645 |  |  | CONCAVO |  |
|  |  |  | 0,500 | 601,014 |  |  |
| Tang. Entrada | 14+281,250 | 117,006 |  |  |  |  |
| **Vértice 24** | **14+360,000** | **117,400** |  |  | **4500** | 157,500 |
| Tang. Salida | 14+438,750 | 120,550 |  |  | CONCAVO |  |
|  |  |  | 4,000 | 231,105 |  |  |
|  | **14+400,000** | **119,167** |  |  |  |  |

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S

Teniendo en cuenta lo anterior se puede afirmar que el proyecto de Construcción Variante Puerto Berrío, tiene las siguientes características generales (ver Tabla 3‑15):

Tabla 3‑15 Características generales diseño geométrico

|  |  |
| --- | --- |
| Característica | Valor |
|
| Velocidad de diseño minimo (km/h) | 80 |
| Pendiente mínima | 0,5% |
| Pendiente Máxima | 3.5% |
| Acuerdo Cóncavo mínimo | 4.000 |
| Acuerdo convexo mínimo | 5.000 |

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Para compensar las longitudes de las pendientes más fuertes en las que no se cumple la longitud crítica, se ha realizado un diagrama de velocidades en ambos sentidos con el programa Istram y con el Vehículo Pesado de la Norma Highway Capacity 2000. De esta forma se han obtenido aquellos tramos en los que la pendiente causa una reducción de 25 Km/h respecto a su velocidad media de operación.

* Sección Transversal

Para el proyecto “Construcción Variante Puerto Berrío” se diseñó la siguiente sección transversal (ver Figura 3.5), la cual tiene las características descritas en la Tabla 3‑16

Tabla 3‑16 Características sección Transversal

|  |  |
| --- | --- |
| Características | Descripción |
|
| Numero de calzadas mínimo (un) | 1 |
| Número de carriles por calzada mínimo (un) | 2 |
| Sentido de carriles (Uni o Bidireccional) | Bidireccional |
| Ancho de Calzada | 7.30m |
| Ancho de berma mínimo | 1.80m |
| Carriles | 3.65m |
| SAC | 0,50m |
| Cuneta | 1,20m |

Fuente: Concesionario Autopista Río Magdalena S.A.S., 2015

|  |
| --- |
| G:\IMAGENES\SECCIONES TRANSVER\sección calzada izquierda_001.jpg |

Figura 3.5 Sección Transversal variante Puerto Berrío

Fuente. Géminis Consultores S.A.S, 2015

* Taludes transversales

En cuanto a los taludes transversales, teniendo en cuenta la descripción geotécnica del área de influencia, se han adoptado según los materiales atravesados: 1H: 1V y 2H: 3V.

En cuanto a los rellenos se ha establecido que estos se realizarían con material tipo pedraplén con taludes 3H: 2V. Donde la superficie del terreno sobre la que asientan los rellenos tenga una pendiente superior al 10% en sentido transversal del trazado, se procederá al saneo mediante escalones de un ancho mínimo de 0.5 metros y altura variable.

Por ello, y previamente al extendido del firme, la coronación de los rellenos (últimos 50 cm) se ejecutarán con material de terraplén.

* Distancia de visibilidad

Se realizó el estudio de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento con el programa Istram, teniendo en cuenta la sección transversal definida y las barreras de seguridad dispuestas en los terraplenes de más de 3 metros de altura.

En función a esto, en la Tabla 3‑17 muestra las bermas de despeje definidas tanto en los terraplenes como en los cortes.

Tabla 3‑17 Bermas de despeje



Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

###### Túneles

Para la ejecución del proyecto “Construcción de la variante Puerto Berrío” no se contempla la construcción de túneles en los diseños.

###### Puentes y Viaductos

La construcción de la variante Puerto Berrío incluye en trazado la construcción de dos (2) puentes, de los cuales la obra de mayor relevancia es la construcción de un viaducto sobre el Río Magdalena el cual tiene una longitud total de 1360 m y se encuentra a la altura de la abscisa PK 7+500. En la Tabla 3‑18 se describen de manera general las características de los puentes contemplados en el proyecto.

Tabla 3‑18 Ubicación de los puentes en el proyecto,

Construcción Variante Puerto Berrío

| No. | Abscisa | Cuerpo de agua | Longitud (m) | Coordenadas de Inicio Magna Sirgas Origen Bogotá | | Coordenadas Finales Magna Sirgas Origen Bogotá | | Caudal de Diseño  T=100 años (m3/s) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Este** | **Norte** | **Este** | **Norte** |
| 1 | PK 6+773 | Río Magdalena | 1360 | 963131 | 1213329 | 964450 | 1213667 | 9340 |
| 2 | PK 11+500 | Quebrada Sandovala | 40 | 967303 | 1212266. | 967329 | 1212232 | 173,9 |

Fuente: Concesionario Autopista Río Magdalena S.A.S., 2015

Para el diseño del puente y viaducto diseñados para el proyecto se tienen en cuanta las siguientes normas:

* Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-2014, para los estudios de construcción y mantenimiento de puentes que se adelanten EN LA Red Vial Nacional a cargo del INVIAS.
* Especificaciones Técnicas INVIAS 2007 – Instituto Nacional de Vías
* LRFD Guide Design Specifications, 2012, American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO.
* ACI. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-08)

A continuación se describen los puentes que se incluyen dentro del diseño geométrico del proyecto “Construcción variante Puerto Berrío”.

* Viaducto Sobre el río Magdalena

Con una longitud total de 1360 m, este viaducto permite cruzar el río Magdalena uniendo el departamento de Antioquia (Municipio de Puerto Berrío) al departamento de Santander (Municipio de Cimitarra) a la altura del PK 6+773 hasta el PK8+093.

Se divide en tres tramos diferenciados en cuanto a tipología estructural, El tramo central ejecutado mediante avance en voladizo y de 400m de longitud y dos tramos de aproximación de 720 y 240 m, respectivamente, construidos por vanos isostáticos de vigas prefabricadas.

El tablero del viaducto tiene un ancho total de 12.95m, con 2 carriles de circulación de 3.65m cada uno. Se disponen a ambos lados bermas de 1.80m y una acera peatonal de 1m separada del trafico mediante una barrera de 0.35m. La sección se completa con sendas barreras a ambos lados de 0.35m de ancho

La Tabla 3‑19 muestra la ubicación de las zapatas para el Viaducto sobre el río Magdalena, la Figura 3.6 se muestra de forma general el trazado del viaducto sobre el río Magdalena

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.6 Planta y alzado general del Viaducto sobre el río Magdalena

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Tabla ‑ Ubicación de las pilas para el viaducto sobre el Río Magdalena

| ZAPATA | N° | Coordenadas Magna Sigma Origen Bogotá | | ZAPATA | N° | Coordenadas Magna Sigma Origen Bogotá | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ESTE | NORTE | ESTE | NORTE |
| 26 | 261 | 964403 | 1213675 | 13 | 131 | 963628 | 1213478 |
| 262 | 964410 | 1213677 | 132 | 963635 | 1213480 |
| 263 | 964414 | 1213665 | 133 | 963638 | 1213467 |
| 264 | 964406 | 1213663 | 134 | 963631 | 1213465 |
| 25 | 251 | 964365 | 1213663 | 12 | 121 | 963589 | 1213468 |
| 252 | 964372 | 1213665 | 122 | 963597 | 1213470 |
| 253 | 964374 | 1213658 | 123 | 963600 | 1213457 |
| 254 | 964366 | 1213656 | 124 | 963592 | 1213455 |
| 24 | 241 | 964326 | 1213653 | 11 | 111 | 963550 | 1213458 |
| 242 | 964334 | 1213655 | 112 | 963558 | 1213460 |
| 243 | 964335 | 1213648 | 113 | 963561 | 1213447 |
| 244 | 964328 | 1213646 | 114 | 963553 | 1213446 |
| 23 | 231 | 964284 | 1213645 | 10 | 101 | 963511 | 1213448 |
| 232 | 964296 | 1213648 | 102 | 963519 | 1213450 |
| 233 | 964300 | 1213636 | 103 | 963522 | 1213438 |
| 234 | 964287 | 1213633 | 104 | 963514 | 1213436 |
| 22 | 221 | 964245 | 1213635 | 9 | 91 | 963472 | 1213438 |
| 222 | 964258 | 1213639 | 92 | 963480 | 1213440 |
| 223 | 964261 | 1213626 | 93 | 963483 | 1213428 |
| 224 | 964248 | 1213623 | 94 | 963476 | 1213426 |
| 21 | 211 | 964206 | 1213628 | 8 | 81 | 963434 | 1213428 |
| 212 | 964218 | 1213631 | 82 | 963441 | 1213430 |
| 213 | 964223 | 1213614 | 83 | 963445 | 1213418 |
| 214 | 964210 | 1213611 | 84 | 963437 | 1213416 |
| 20 | 201 | 964102 | 1213601 | 7 | 71 | 963395 | 1213418 |
| 202 | 964128 | 1213608 | 72 | 963403 | 1213420 |
| 203 | 964133 | 1213591 | 73 | 963406 | 1213408 |
| 204 | 964106 | 1213584 | 74 | 963398 | 1213406 |
| 19 | 191 | 963908 | 1213552 | 6 | 61 | 963356 | 1213408 |
| 192 | 963935 | 1213559 | 62 | 963364 | 1213410 |
| 193 | 963939 | 1213541 | 63 | 963367 | 1213398 |
| 194 | 963913 | 1213535 | 64 | 963360 | 1213396 |
| 18 | 181 | 963818 | 1213529 | 5 | 51 | 963318 | 1213398 |
| 182 | 963831 | 1213532 | 52 | 963325 | 1213400 |
| 183 | 963835 | 1213515 | 53 | 963329 | 1213388 |
| 184 | 963823 | 1213512 | 54 | 963321 | 1213386 |
| 17 | 171 | 963780 | 1213517 | 4 | 41 | 963279 | 1213388 |
| 172 | 963793 | 1213520 | 42 | 963287 | 1213390 |
| 173 | 963796 | 1213507 | 43 | 963290 | 1213377 |
| 174 | 963783 | 1213504 | 44 | 963282 | 1213375 |
| 16 | 161 | 963741 | 1213507 | 3 | 31 | 963240 | 1213378 |
| 162 | 963754 | 1213510 | 32 | 963248 | 1213380 |
| 163 | 963757 | 1213498 | 33 | 963251 | 1213367 |
| 164 | 963745 | 1213494 | 34 | 963243 | 1213365 |
| 15 | 151 | 963703 | 1213497 | 2 | 21 | 963201 | 1213368 |
| 152 | 963715 | 1213500 | 22 | 963209 | 1213370 |
| 153 | 963718 | 1213488 | 23 | 963212 | 1213357 |
| 154 | 963706 | 1213484 | 24 | 963205 | 1213355 |
| 14 | 141 | 963666 | 1213488 | 1 | 11 | 963163 | 1213358 |
| 142 | 963674 | 1213490 | 12 | 963171 | 1213360 |
| 143 | 963677 | 1213477 | 13 | 963174 | 1213347 |
| 144 | 963669 | 1213475 | 14 | 963166 | 1213345 |

Fuente: (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

* Tramos de aproximación

Los tramos de aproximación están formados por vanos isostáticos de 40 m de luz. El tramo inicial transcurre entre el PK 6+773 y el 7+453, dividido en 18 vanos. Mientras que el tramo final va desde el PK 7+853 hasta el 8+093, formado por 6 vanos.

La sección transversal se compone de 5 vigas de hormigón tipo AASHTO VI postesadas separadas 2.97 m entre sí, y una losa superior de hormigón ejecutada in situ sobre prelosas prefabricadas pretensadas. Se disponen 3 diafragmas transversales solidarizando las vigas, uno en cada alineación de apoyos y otro en la sección en centro de vano. El canto total resulta 2.08 m, siendo 1.83 m el canto de la viga y 0.25 m el espesor de la losa. (ver Figura 3.7 a la Figura 3.9)

|  |
| --- |
|  |

Figura . Planta y alzado del tramo inicial de aproximación 1

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

|  |
| --- |
|  |

Figura . Planta y alzado del tramo de aproximación 2

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

|  |
| --- |
|  |

Figura . Perfil Tablero Tramo de aproximación

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

Las pilas de los tramos de aproximación son macizas, de 2.00 x 5.00 m en aquellas pilas cuya altura es menor que 20.00 m y 2.50 x 5.00 m en el resto. La cimentación es profunda mediante encepados de pilotes de 1.60 m de diámetro.

* Tramo Central

El tramo central posee una longitud total de 400 m. Se divide en 3 vanos de 100, 200 y 100 m, ejecutado mediante la técnica de avance en voladizo por dovelas hormigonadas in situ. La sección transversal, de 12.95 m de ancho, está formada por un cajón de almas verticales cuyo espesor es de 0.45 m. El canto es variable según una ley parabólica cuyo valor máximo es de 11.00 m en el eje de pilas y valor mínimo de 4.00 m en los extremos y el centro del vano 2. (ver Figura 3.10)

|  |
| --- |
|  |

Figura . Plata y Alzado tramo central

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

|  |
| --- |
|  |

Figura . Tablero Tramo central

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

El ancho de la tabla inferior es constante de 7.00 m, y su espesor variable con el canto entre un valor máximo de 2.00 m en y un valor mínimo de 0.30 m.

Si bien durante el proceso constructivo de las pilas, el tablero está conectado rígidamente, una vez acabada la construcción se procederá a cortar con hilo de diamante o similar el zuncho provisional en cabeza de pila, pasando a establecerse un esquema clásico de apoyos en el que las cargas verticales son transmitidas por aparatos de apoyo tipo POT en las pilas P18 a P21.

Longitudinalmente, para la situación en servicio, el tramo central se encuentra fijo en la pila P19, permitiendo movimiento libre en las pilas P18, P20 y P21. Este punto de movimiento nulo se materializa mediante un tetón saliente del diafragma, que se introduce en el cabezal de la pila, donde se disponen topes longitudinales y transversales. (Ver Figura 3.12 y Figura 3.13)

|  |
| --- |
|  |

Figura . Vista frontal del cabezal en P19

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

|  |
| --- |
|  |

Figura . Alzado del cabezal en P19

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

Para el evento sísmico y acciones rápidas (como viento longitudinal o frenado) en la pila P20 se dispondrán transmisores de impacto en dirección longitudinal. Estos dispositivos establecen una conexión rígida entre el tablero y la pila ante situaciones de carga dinámica como el sismo. Así pues, ante dicha solicitación, el puente está vinculado rígidamente a las dos pilas centrales, evitando la consideración de un único punto fijo, lo cual conduciría a un sobredimensionamiento excesivo de esta pila. (ver Figura 3.14)

Transversalmente se disponen topes sísmicos en las cuatro pilas del tramo central. En las pilas P18 y P21 además es necesario disponer apoyos inversos, consecuencia del proceso constructivo considerado. (ver Figura 3.15)

|  |
| --- |
|  |

Figura . Alzado del cabezal en P20

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

|  |
| --- |
|  |

Figura . Alzado del cabezal en pila P18 y P21

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

En las pilas P19 y P20 la sección transversal es hueca de 6.00 x 7.00m constantes en toda la altura y bordes redondeados. El espesor de tabique es de 0.60m. La cimentación es profunda, compuesta por encepados de 24 pilotes de 1.60m de diámetro.

En la pila P18 y P21 la sección transversal es hueca de 3.00 x 6.00m contantes en toda la altura. El espesor de tabique es de 0.45m y la cimentación igualmente es profunda, compuesta por encepados de 12 pilotes de 1.60m de diámetro.

El Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.3 se muestra el plano del viaducto diseñado sobre el río Magdalena.

* Método Constructivo viaducto sobre el Río Magdalena

A continuación se describe el método constructivo del viaducto sobre el río Magdalena, el cual se puede observar en la Figura 3.16

|  |
| --- |
| RioMagd_v0_2v |

Figura . Modelo Viaducto sobre el río Magdalena

Fuente Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* Materiales

A continuación, la Tabla 3‑20 muestra el tipo de material a utilizar para la construcción del Viaducto sobre el río Magdalena.

Tabla 3‑20 Características generales de materiales a utilizar

| Tipo | Características | |
| --- | --- | --- |
| **Concreto** | | |
| Vigas Pretensadas | Clase A | f’c=350 kg/cm2 (35 MPa) |
| Losa vigas | Clase A | f’c=280 kg/cm2 (28 MPa) |
| Tablero voladizo sucesivo L<140 m | Clase A | f’c=350 kg/cm2 (35 MPa) |
| Tablero voladizo sucesivos L>140m | Clase A | f’c=420 kg/cm2 (42 MPa) |
| Pilotes Estribos | Clase C | f’c=280 kg/cm2 (28 MPa) |
| Pilotes Pilas | Clase C | f’c=280 kg/cm2 (28 MPa) |
| Zapata Pilas | Clase C | f’c=280 kg/cm2 (28 MPa) |
| Columnas | Clase C | f’c=280 kg/cm2 (28 MPa) |
| Vigas cabezal y espalda | Clase C | f’c=280 kg/cm2 (28 MPa) |
| Placa de acceso | Clase D | f’c=210 kg/cm2 (21 MPa) |
| Barreras | Clase D | f’c=280 kg/cm2 (28 MPa) |
| Andenes | Clase D | f’c=210kg/cm2 (21 MPa) |
| Peso Unitario | ɣc=2.5 t/m3 | |
| Modulo Elástico | Ec=12500√(f’c) [kg/cm2] | |
| **Acero de refuerzo** | | |
| NTC 2289 | ASTM A706, fy=4200 kgf/cm2 - 420 MPa- | |
| **Acero de pre-esfuerzo** | | |
| ASTM A416 | baja relajación | |
| Fpu | 18900 kgf/cm2 (1890 MPa) | |
| Área torones 5/8 ” | 1.40 cm2 | |
| Penetración de cuña máxima | 6mm | |
| **Acero estructural** | | |
| ASTM A588 | Grado B para estructuras en acero | |
| ASTM A500 | Grado C para tubería de barandas. | |
| ASTM A36 | Láminas y postes de barandas. | |
| Soldadura | E70xx | |
| **Neoprenos** | | |
| Dureza | 60 | |

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* Dimensionamiento de Estribos

Teniendo en cuenta el cálculo de cargas y combinaciones de carga presentadas en el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.3, a continuación se describe el dimensionamiento de los estribos necesarios para la ejecución de la construcción del Viaducto sobre el río Magdalena. (Ver Figura 3.17).

|  |
| --- |
| V00-Mag_END_BENT1v0 |

Figura . Modelo de estribo

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

* Reacciones del tablero

Para una Viga tipo luz de 40m la Tabla 3‑21 describe las reacciones en apoyos, relacionando el peso propio de los componentes estructurales y accesorios no estructurales (pasillo, barandas y barreras) (**DC**), Peso propio del pavimento y servicios de utilidad pública (tendidos eléctricos e iluminación, aducciones de agua potable, alcantarillado, telefonía, entre otros) (**DW**), la sobrecarga vehicular (**LL**) y la sobrecarga peatonal (**PL**).

Tabla 3‑21 Reacciones en apoyos



Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* Tope estructural pilotes:

A continuación la Tabla 3‑22 muestra el Tope Estructural de pilotes de 0,80; 1,00 y 1,20 metros, calculados para una resistencia del hormigón de los pilotes, f’c = 30 MPa.

Tabla 3‑22 Tope estructural de pilotes

| Φ (m) | A m2 | Te(Ton) |
| --- | --- | --- |
|
|  |
| 0,80 | 0,503 | 384,293 |
| 1,00 | 0,785 | 600,457 |
| 1,20 | 1,131 | 8 |

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Los cálculos de alzado y de cimentación para el viaducto sobre el río Magdalena se presentan en el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.3.

* Dimensiones de pilas

A continuación, se realiza el pre-dimensionamiento de las distintas pilas las cuales se utilizarán para las estructuras.

Para las pilas con alturas inferiores a 12 m, el fuste tiene forma rectangular con unas dimensiones de 5 m de longitud en el sentido transversal al eje del tablero y 1.6 m en el sentido del eje longitudinal del tablero.

Para las pilas con alturas comprendidas entre 12 y 30 m, el fuste tiene forma rectangular con unas dimensiones de 5 m de longitud en el sentido transversal al eje del tablero y 2.2 m en el sentido del eje longitudinal del tablero.

La cimentación de esta pila puede ser profunda, ejecutándose mediante 3 x 2 pilotes de 1,5 m de diámetro con una separación en sentido longitudinal del tablero de 5.6 m y de 4.6 m en sentido transversal al mismo. El encepado tendrá unas dimensiones de 11.7 x 8.10 x 2.25 m, coincidiendo la dimensión mayor de la zapata con la dimensión mayor del fuste (que corresponde con el sentido transversal al eje del tablero). La Figura 3.18 y Figura 3.19 muestra las características de las pilas con una altura menor de 30m.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Figura 3.18 Pilas h<30 m

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
| HH-V00-Mag_BENT1v0 |

Figura . Modelo de pila

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

Para las pilas con alturas comprendidas entre 30 m y 50 m, el fuste de las mismas tiene una sección rectangular hueca de canto variable con una anchura de tabla de 0.8 m en los 30 primeros metros y 1.20 m en el resto de la altura de la pila.

Las dimensiones de la pila en el sentido del eje longitudinal del tablero varían con un ancho de 2.20 m en la cabeza de la pila hasta la base de la cimentación con una pendiente de 1H:25V.

Las dimensiones de la pila en el sentido del eje transversal al tablero varían desde un ancho de 5.00 m en la cabeza de la pila hasta la base de la cimentación con una pendiente de 1H:25V. En los últimos 4 m de la pila, la sección es maciza.

La cimentación de esta pila es profunda, compuesta por 4 x 3 pilotes de 1,5 m de diámetro con una separación en sentido longitudinal del tablero de 6 m y de 6.5 m en sentido transversal, cuyo encepado será de 20.5 x 15.5 x 2.6 m, coincidiendo la dimensión mayor del encepado con la dimensión mayor del fuste.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Figura 3.20 Pilas h 30 -50 m

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

El cálculo sobre las fuerzas actuantes sobre las pilas y cimentación y los cálculos del fueste para pilas con alturas menores a 12m y 30m, en pilas con alturas entre 30 y 50m se presenta en el Anexo 3, Capítulo 3.2.3

* Dimensionamiento del tablero de vigas

Se presenta a continuación, el predimensionamiento relativo a los tableros de vigas prefabricadas para una luz de cálculo de 40 m.

El tablero tiene un ancho total de 12.60 m, repartidos en dos carriles de 3,65 m, una acera de 1.0 m, bermas de 1.8 m a cada lado y barreras laterales New Jersey de 0.35 m.

El tablero está formado por 5 vigas prefabricadas doble tipo T

La viga tipo T está formada por un hormigón HP-40 y la losa superior por un hormigón de 28 MPa de resistencia.

Los cálculos de cargas vivas sobre el tablero y el cálculo de las vigas presentadas se adjuntan en el Anexo 3, Numeral 3.2.3.

* Ejecución de pilas de puentes en zonas inundables

Para la ejecución de pilas en zonas inundables cercanas a tierra, se ejecutarán pequeñas penínsulas provisionales, la cuales se describen a continuación:

* Penínsulas Provisionales

Para la ejecución del Viaducto 7+500, en zonas inundables del Río Magdalena, se llevará a cabo la ejecución de penínsulas provisionales que permitan el acceso y el desarrollo de los trabajos de construcción en las pilas más cercanas a la orilla del río. Estas pilas son las siguientes: P16, P17, P18, P21, P22, P23.

Para acceder a las pilas centrales P19, P20, más alejadas de la orilla, se emplearán los siguientes métodos en función del nivel de agua que el río presente en ese momento.

* Barcazas cuando el nivel de agua del río sea elevado.
* Vía de escollera drenante con capa de firme superior, en el caso de que el nivel de agua sea tan bajo que permita su ejecución

La zona invadida por las penínsulas tendrá una dimensión máxima que estreche el río una dimensión tal que provoque una crecida de más de 10 cms. Estas plataformas servirán provisionalmente para el apoyo principal de la maquinaria a emplear tanto en las cimentaciones como en el alzado de pilas y para la ejecución del tablero del puente.

Una vez realizados los trabajos para los que se construyeron estas plataformas, éstas serán retiradas, según el procedimiento que se describe más adelante.

En cualquier caso, tanto los trabajos de ejecución de las penínsulas como los de retirada de materiales se realizar, en la medida que el nivel del río esté lo bajo, tomando las debidas precauciones para afectar en menor medida al curso del río. Se trata de no alterar la fauna piscícola, y tratar de evitar que el material empleado no tenga un porcentaje de finos tal que puedan llegar al curso del río, evitando que aumenten los sólidos disueltos y en suspensión.

* Profundidad de la península

Teniendo en cuenta la cota actual del nivel del río (104,75 m) y zonas inundables, la profundidad de las penínsulas sumergidas bajo el agua del río será la siguiente:

* Lado Antioquia: 1,5 m.
* Lado Santander: 3,5 m.

No obstante, por seguridad, la cota superior de las penínsulas se procurará que sea lo más cercana a la cota del máximo nivel de agua para el periodo de retorno de 100 años, que está en la 108,92. De esta forma, la altura total de las penínsulas sería:

* Lado Antioquia: 5,6 m.
* Lado Santander: 7,6 m.
* Trabajos Iniciales

Se partirá de los datos de batimetría de la zona de actuación.

Se dispondrá de las bases de replanteo, debidamente comprobadas

Se replanteará el perímetro de la actuación a realizar

* Procedimiento de ejecución de las penínsulas
* Escollera:

En primer lugar, a lo largo de todo el perímetro de la península, se dispondrá de una línea de escollera de tamaño mayor de 200 kg, Esta escollera dará estabilidad al talud de la península y evitará que el relleno posterior de terraplén llegue al curso principal del río.

La escollera se colocará de forma que se evite que se produzcan desplazamientos de los terrenos poco consistentes de los fondos del río.

Los taludes de escollera quedarán lo más regular posible de forma que su superficie externa sea lo más plana posible con la mínima rugosidad, para no disminuir la capacidad hidráulica del cauce.

* Filtro:

Una vez colocada la escollera perimetral se instalará un filtro a base de geotextil, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

* El geotextil cumplirá la función de filtro, limitando el paso de partículas de menor tamaño, procedentes del relleno posterior, a través de la escollera.
* Poseerá la suficiente permeabilidad y capacidad resistente
* Se dispondrán las piezas debidamente solapadas, para garantizar en todo momento su buen funcionamiento.
* Relleno

El relleno del interior se realizará con material obtenido de la traza, empleando en primer lugar el que más contenido en gruesos posea, de forma que se proporcione una buena base de asiento al relleno y se minimice el levantamiento de los finos depositados en el lecho del río.

* El material será vertido por los camiones a una distancia mínima de 5 m. del borde, para ser posteriormente empujado por una pala o retroexcavadora. De esta forma se evita el riesgo de caída de los camiones al agua.
* Los rellenos colocados por encima del nivel freático se compactarán de acuerdo a las indicaciones del Pliego referidas a un relleno de terraplén normal.
* Se llevará a cabo un control geométrico de los rellenos realizados, de forma que se puedan controlar los asientos a lo largo del tiempo a partir de hitos referidos topográficamente.
* Procedimiento de retirada de las penínsulas

Una vez terminadas las unidades que conforman la ejecución del puente, se procederá a la restitución del curso del río, retirando las penínsulas provisionales.

Para ello se procederá a retirar los materiales en orden inverso al que se procedió inicialmente. Es decir, retirando el material de la plataforma primeramente y en último lugar la escollera de protección, tomando las debidas precauciones de alterar lo mínimo el lecho del río.

El material será depositado en los lugares habilitados en obra para tal fin. Al tratarse de material de buena calidad, si es necesario, el material una vez seco podrá ser empleado en la ejecución de terraplenes o bien, si no fuera necesario, se dejaría almacenado en el lugar habilitado para tal fin.

* Tiempo de permanencia de las penínsulas

El tiempo de permanencia de las penínsulas provisionales será el necesario para llevar a cabo la ejecución de todos los elementos para los cuales fue requerida su ejecución: cimentaciones, alzado de pilas y para la ejecución del tablero del puente. El tiempo estimado para la realización de estos trabajos es de 2,5 años.

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.21 Esquema de penínsulas para plataformas provisionales en zonas inundables

Fuente Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S 2015

El tramo central se ejecutará utilizando la técnica de avance en voladizo mediante dovelas hormigonadas in situ. Dicha técnica evita la utilización de apoyos provisionales en el cauce del río, minimizando el impacto de la estructura en el entorno.

|  |
| --- |
|  |

Figura . Proceso constructivo del tramo central del viaducto sobre el Río Magdalena

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

La dovela 0 de 12.00 m de longitud se hormigonará apoyando el encofrado sobre el propio fuste de la pila. Dicha dovela posee la dimensión suficiente para montar los carros de avance directamente sobre ella. El peso total considerado del carro más los encofrados de cada dovela ha sido de 140 ton. La longitud de dovela se ha establecido en 3.50 m.

Si bien durante el proceso constructivo de las pilas, el tablero está conectado rígidamente, una vez acabada la construcción se procederá a cortar con hilo de diamante o similar el zuncho provisional en cabeza de pila, pasando a establecerse un esquema clásico de apoyos en el que las cargas verticales son transmitidas por aparatos de apoyo tipo POT en las pilas P18 a P21

La Figura 3.23 y Figura 3.24 muestra las sección transversal por pila en tablero ejecutado en avance en voladizo y tablero de viga isostáticas respectivamente.

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.23 Sección transversal por pila tablero ejecutado en avance en voladizo

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.24 Sección transversal por pila tablero ejecutado en avance en voladizo

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 201

* Puente sobre la quebrada Sandovala (PK 11+500)

El puente sobre la Quebrada Sandovala se encuentra ubicado a la altura del PK 11+500, Esta estructura está formada por un único vano de 40 m de longitud. La sección transversal de 12.60 m de ancho se materializa mediante 5 vigas prefabricadas doble T y una losa de hormigón ejecutada in situ de 25 cm de espesor.

Los estribos son cerrados con muros en vuelta y cimentación profunda mediante pilotes. Al igual que en la estructura anterior, dicha cimentación podrá variar en función del informe geotécnico final. La Figura 3.25 y la Figura 3.26 muestra el puente sobre la quebrada Sandovala. Los planos generarles se encuentran en el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.3

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.25 Puente Quebrada Sandovala PK 11+500- Vista de planta y alzado

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
| G:\IMAGENES\11+500_puente_001.jpg |

Figura 3.26 Puente Quebrada Sandovala PK 11+500- plano general

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* Método Constructivo Puente sobre la quebrada la Sandovala

A continuación, se describe el método constructivo del puente sobre la quebrada Sandovala.

* Materiales

A continuación, la Tabla 3‑23 muestra el tipo de material a utilizar para la construcción del puente sobre la Quebrada Sandoval.

Tabla ‑ Características de los Materiales a utilizar

| Titulo | Características | |
| --- | --- | --- |
| Vigas pretensadas | Clase A | f’c=420 kg/cm2 (42 MPa) |
| Losa vigas | Clase A | f’c=280 kg/cm2 (28 MPa) |
| Tablero voladizos sucesivos | Clase A | f’c=420 kg/cm2 (42 MPa) |
| Pilotes Estribos | Clase C | f’c=280 kg/cm2 (28 MPa) |
| Pilotes Pilas | Clase C | f’c=280 kg/cm2 (28 MPa) |
| Encepados | Clase C | f’c=280 kg/cm2 (28 MPa) |
| Pilas | Clase C | f’c=280 kg/cm2 (28 MPa) |
| Vigas cabezal y espalda | Clase C | f’c=280 kg/cm2 (28 MPa) |
| Placa de acceso | Clase D | f’c=210 kg/cm2 (21 MPa) |
| Barreras | Clase D | f’c=280 kg/cm2 (28 MPa) |
| Andenes | Clase D | f’c=210kg/cm2 (21 MPa) |
| Peso unitario | ɣc=2.5 t/m3 | |
| Módulo de elasticidad | Ec=12500√(f’c) [kg/cm2] | |
| Acero de refuerzo | NTC 2289 (ASTM A706, fy=4200 kgf/cm2 - 420 MPa-) | |
| Acero de presfuerzo | ASTM A416, de baja relajación  Fpu = 18900 kgf/cm2 (1890 MPa)  Área torones 5/8”: 1.40 cm2.  Penetración de cuña máxima: 6 mm | |
| Recubrimientos | Los recubrimientos considerados en los proyectos de estructuras son los indicados a continuación:   * Pilotes: 7.5 cm * Fundaciones: 7.5 cm * Elevaciones: 5.0 cm * Fondo de losas vaciadas in situ: 2.5 cm * Otras situaciones exteriores: 5.0 cm * Otras situaciones interiores: 4.0 cm | |

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

* Dimensiones y método constructivo

Los estribos de este puente se encuentran en los puntos de recorrido 11+473 y 11+513 con una luz de 40 m. En esta zona el trazado cruza sobre un cauce de agua que discurre en dirección Norte-Sur. (Ver Figura 3.27)

|  |
| --- |
|  |

Figura . Planta y alzado E 11+500

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

El ancho de la carretera sobre el puente es de 11.60 m, con dos carriles de 3.65 m, bermas de 1.80 m y parapetos de 0.35 m. Se dispone bombeo para conseguir una correcta eliminación de pluviales.

La sección transversal del tablero consta de cuatro vigas de concreto, AASHTO tipo VI de 1.83 m de canto, separadas 3.00 m entre ejes. (Figura 3.28)

|  |
| --- |
|  |

Figura . Sección transversal E 11+500

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

Se trata de vigas prefabricadas a las que se aplica un postesado mediante seis cables de acero de baja relajación ASTM A-416. (Ver Figura 3.29).

|  |
| --- |
|  |

Figura . Pretensado de viga E11+500

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

Una vez que la vigas están situadas en su posición definitiva sobre los estribos, se apoyan en ellas una placas preesforzadas que hacen las veces de formaleta para el hormigonado de la losa superior, la cual tiene un espesor total de 0.25 m.

Dentro de esta losa se habrán colocado los correspondientes refuerzos en dirección longitudinal y transversal.

Por último se dispondrán los parapetos, los tubos dren, la carpeta asfáltica y la señalización vial.

El tablero se apoya en los estribos a través de aparatos de neopreno zunchado. Se coloca uno bajo cada viga sobre la viga cargadero. Por su parte, esta se cimenta sobre tres pilotes de 1.50 m de diámetro.

Entre el estribo y el terraplén se construye una placa de acceso que realiza labores de transición. (Ver Figura 3.30)

|  |
| --- |
|  |

Figura . Alzado de estribo cargadero E 11+500

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

Se disponen topes sísmicos en ambas direcciones. La transmisión de impacto se realiza a través de neoprenos verticales, capaces de llevar la fuerza sísmica hasta la subestructura del puente. (Ver Figura 3.31)

|  |
| --- |
|  |

Figura . Sección Estribo cargadero

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

Debido al fuerte esviaje existente entre el cauce y el trazado de la vía, ha sido necesario disponer muros de suelo reforzado en los ángulos agudos del cruce. (Figura 3.32)

|  |
| --- |
|  |

Figura . Muros de suelo reforzado

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

###### Intersecciones a nivel o desnivel

En el diseño realizado para el proyecto “Construcción de la variante Puerto Berrío” se proyectan la construcción de dos intersecciones a nivel tipo Glorieta (INVIAS, 2008).

Para el diseño de las glorietas expuestas se tuvo en cuenta lo expuesto en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVIAS, 2008)en el Esta solución se caracteriza por que los accesos que a ella confluyen se comunican mediante un anillo en el cual la circulación se efectúa alrededor de una isleta central. La Tabla 3‑24 la muestra la ubicación y características geométricas de las glorietas diseñadas (ver Figura 3.33 y Figura 3.34):

Tabla 3‑24 Glorietas propuestas

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Punto | Abscisa | Φ isleta central (m) | Φ circulo inscrito Φ (m)) |
| Glorieta 1 | PK 0+500 | 79 | 97,8 |
| Glorieta 2 | PK 14+100 | 79 | 97,8 |

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
| C:\Users\kate\AppData\Roaming\Skype\My Skype Received Files\FIGURA.jpg |

Figura 3.33 Glorieta PK14+100

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
| C:\Users\kate\AppData\Roaming\Skype\My Skype Received Files\ROTONDA 0+500.pdf.jpg |

Figura 3.34 Glorieta PK0+500

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

###### Retornos viales

Para la ejecución del proyecto “Construcción de la Variante Puerto Berrío” no contempla los diseños y construcción de retornos viales

###### Peajes y centros de control operativo

Los 14,4 km de la variante Puerto Berrío no contemplan en su diseño peajes ni centros de control operativo.

###### Obras en cascos urbanos

El diseño del proyecto “Construcción de la Variante Puerto Berrío” no contempla obras en cascos urbanos de los municipios de Puerto Berrío (Dpto. Antioquia). o Cimitarra (Dpto. Santander).

###### Cruce con otras obras lineales

A continuación se relación los cruces sobre otras vías u obras lineales, las cuales cruza el proyecto “Construcción Variante Puerto Berrío”(Ver Tabla 3‑25)

Tabla 3‑25 Vías interceptadas por el proyecto

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No. | Abscisa | Observaciones |
|
| 1 | K0+00 | Acceso a vivienda |
| 2 | K2+130 | Acceso veredal |
| 3 | K2+790 | Acceso veredal |
| 4 | K6+100 | Acceso veredal |
| 5 | K6+700 | Acceso veredal |
| 6 | K9+080 | Acceso veredal |
| 7 | K10+300 al K10+480 | Acceso veredal |
| 8 | K11+680 | Acceso veredal |
| 9 | K13+300 | Acceso veredal |
| 10 | K14+500 | Conexión carretera existente |

Fuente: PIA XXI gpo, 2015

##### Infraestructura de drenaje

El sistema de drenaje proyectado para el proyecto “Construcción de la Variante Puerto Berrío”; tiene como base conceptual conducir las aguas lluvias recibidas en las calzadas de la vía hasta descargarlas en el sistema natural de drenaje, al cual corresponde la escorrentía.

Este drenaje superficial se realiza mediante drenajes transversales o longitudinales, ubicadas a lo largo de todo el tramo a construir y en las áreas de las ZODME, campamentos y plantas.

Los parámetros básicos de diseño, obedecen a proporcionar en cada caso un control eficiente de las aguas de escorrentía, de tal forma que no afecten la seguridad vial, ni ocasionen efectos nocivos en los terrenos aledaños.

El detalle de las infraestructuras a utilizar se entrega en el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.3 donde se encuentran los planos geométricos, planta perfil y detalle del diseño a implementar.

* Drenajes Transversales

Dentro del Drenaje Transversal se ha considerado tanto el diseño de las Obras de Drenaje (Alcantarillas) como de los Canales Laterales, los cuales junto con las anteriores, garanticen un adecuado drenaje de las diferentes hoyas y cuencas que inciden transversalmente sobre el trazado.

* Alcantarillas

El diseño de una alcantarilla consiste en determinar la sección hidráulica más económica (circular o alcantarilla de cajón) que permita pasar el caudal de diseño sin exceder la carga máxima permitida a la entrada, atendiendo también a criterios de arrastre de sedimentos y facilidad de mantenimiento.

Siguiendo las indicaciones del Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS, las alcantarillas se diseñan con un nivel de agua a la entrada inferior a 1,20 veces la altura de la alcantarilla, con objeto de evitar el contacto de la estructura de pavimento con el agua, así como la afectación de las propiedades aguas arriba, además de proveerse un margen para el paso de material flotante y basuras. Así, en general, no es permitido el funcionamiento de las alcantarillas como orificio, evitando totalmente los desbordamientos sobre la vía.

* Período de retorno: Tomando como base lo establecido en el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS, se han adoptado los siguientes periodos de retorno para el diseño de las obras de drenaje como se muestra en la

Tabla 3‑26 Periodo de retorno

|  |  |
| --- | --- |
| Tipo | Periodo de retorno |
|
| Alcantarilla circulares de 0,90m de diámetro | 10 años |
| Alcantarillas circulares mayores a 0,90m de diámetro | 20 años |
| Alcantarillas de cajón | 25 años |

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena, 2915

* El diámetro mínimo de todas las alcantarillas se ha establecido en 0,90 m.
* El diseño hidráulico de alcantarillas se ha realizado analizando su funcionamiento bajo control a la entrada y bajo control a la salida, tomando el mayor valor resultante para la carga en la entrada Hw. Este valor de Hw debe ser igual o inferior a 1,20 veces la altura o diámetro de la alcantarilla, valor máximo hasta el cual el conducto funciona a flujo libre.
* En el diseño hidráulico de las alcantarillas de concreto, se ha utilizado un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,014.
* La pendiente hidráulica de las alcantarillas se encuentra, en lo posible, entre un 0,5% y un 5%, alcanzando valores tales que no produzcan velocidades superiores a la admisible de acuerdo con el material del conducto o que comprometan la estabilidad de la obra. Para el diseño de las obras se obtienen las pendientes reales a partir de la cartografía de detalle del proyecto, adoptando una pendiente mínima del 0,5% para garantizar su autolimpieza. Para pendientes superiores a la máxima permisible de acuerdo con el criterio de velocidad, se ha profundizado la obra a la entrada para garantizar la entrega adecuada de las aguas. Otra posibilidad sería proyectar la alcantarilla como una estructura disipadora con un fondo liso y estructura de disipación, o con un fondo escalonado. A partir de una pendiente del 20% es necesario anclar la tubería mediante dentellones.
* Para tuberías, el recubrimiento mínimo recomendado a clave es de 1 m, profundidad que sumada al diámetro mínimo de 0,90 m, implica una altura de descole o terraplén de cuanto menos 2 m. En el caso de alcantarillas de cajón, este recubrimiento puede reducirse en base al cálculo estructural de la alcantarilla.
* Las obras de drenaje se han definido en alineación recta, sin puntos de inflexión intermedia.
* Las estructuras de entrada y salida de las obras de drenaje consisten en muros de cabecera o cabezotes y de aletas. Dichos muros retienen el material del terraplén, protegiéndolo de la erosión, además de dar estabilidad al extremo de la alcantarilla al actuar como contrapeso ante posibles fuerzas de supresión. Las aletas ayudan a guiar el flujo hacia la alcantarilla, mejorando su desempeño hidráulico.
* Como criterio general, las obras de drenaje cuya entrada se encuentre en corte van provistas de la correspondiente poceta o caja colectora.
* Cuando se proyecta una batería de alcantarillas, se puede asumir que el flujo o caudal se reparte uniformemente entre cada una de ellas.

Asimismo, para el correcto diseño de las obras de drenaje se han tenido en consideración los siguientes factores:

* Ubicación, alineación y pendiente, con especial atención a la coordinación con las líneas de escorrentía interceptadas por el trazado.
* Tipo de alcantarilla: forma y sección más adecuadas teniendo en cuenta el caudal a evacuar y las disponibilidades de gálibo de los viales proyectados.
* Condicionantes hidráulicos: gasto de diseño, carga hidráulica, altura y velocidad del agua a la salida, forma de la alcantarilla en la entrada y la salida, características del tubo, entre otros.

Los caudales de diseño son de las obras de drenaje son los obtenidos en los estudios hidrológicos, capítulo 5 del presente estudio..

* Soluciones adoptadas

Las alcantarillas proyectadas son de dos tipos: circulares y de cajón. Su sección hidráulica es la necesaria para evacuar el caudal de diseño bajo los criterios establecidos con anterioridad, y está por encima de la sección mínima establecida por el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS (diámetro mínimo: 0,90 m). Por su parte, la dimensión mínima de las alcantarillas de cajón se ha establecido en 2 m x 2 m.

Dentro de las alcantarillas circulares se han adoptado alcantarillas de tubo de hormigón armado de diámetro 0,9 m, 1,2 m, 1,5 m y 1,8 m.

En el caso de las alcantarillas de cajón, se han empleado cajones simples de 2 m x 2 m y de 3 m x 2 m.

Se han proyectado un total de 54 obras menores, de las cuales 49 son alcantarillas circulares y 5 son de tipo cajón.

En cuanto a las alcantarillas constituidas por tubos circulares de hormigón armado, se proyectan 33 tubos de 0,9 m de diámetro, 8 tubos de 1,2 m de diámetro, 7 tubos de 1,5 m de diámetro y 1 tubo de 1,8 m de diámetro.

Respecto a las alcantarillas de tipo cajón (hormigón armado), se proyectan 2 cajones simples de 2 m x 2 m, y 3 cajones simples de 3 m x 2 m**.**

En el aparte de cruces sobre cuerpos de agua se relacionan las alcantarillas a construir. A continuación en la Figura 3.35 a la Figura 3.40 se presenta de manera general alguna de las infraestructuras de drenaje a utilizar en el desarrollo del proyecto.

|  |
| --- |
| G:\IMAGENES\HIDRAULICA\cuneta de desmonte_001.jpg |

Figura 3.35 Características generales de cunetas de desmonte

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
| G:\IMAGENES\HIDRAULICA\detalle del bordillo_001.jpg |

Figura 3.36 Detalle general de Bordillo

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
| G:\IMAGENES\HIDRAULICA\zanja de coronacion de desmonte_001.jpg |

Figura 3.37 Detalle de zanjas de corona en desmonte y zanjas en pie de terraplenes

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
| G:\IMAGENES\SECCIONES TRANSVER\900 CI_001.jpg |

Figura 3.38 Sección tipo Para desmonte peseta – aleta y Terraplén aleta- aleta, estas dependerán del diámetro del tubo a utilizar, el cual se detalla en los planos anexos

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
| G:\IMAGENES\SECCIONES TRANSVER\CAJON SIMPLE HORMIGON 2MX2M_001.jpg |

Figura 3.39 Sección tipo para cajones simples de hormigos, estas medidas varían de acuerdo con los diseños presentados en los diseños geométricos de cada sección

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
| G:\IMAGENES\SECCIONES TRANSVER\DETALLE PLANTACION TUBOS Y CAJONES_001.jpg |

Figura 3.40 Detalle de implantación de tubos y cajones para la construcción de las obras de arte

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* Cálculo de socavación

Las alcantarillas generan concentraciones de aguas, las cuales producen los siguientes fenómenos:

* Socavación por flujo concentrado, si el fondo de la estructura se encuentra descubierto.
* Erosión aguas abajo de la estructura por chorros concentrados de agua a velocidades generalmente altas. Estos chorros pueden producir cárcavas de erosión de gran magnitud, si la fuerza tractiva de la corriente es superior a la resistencia a la erosión.

El cálculo de socavación en obras menores se efectuará de acuerdo con el capítulo 6.4 del Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS, utilizando la formulación de Breusers y Raudhivi (1991), que recomiendan utilizar las siguientes expresiones para determinar la profundidad, el ancho y la longitud de las fosas de socavación aguas abajo de las alcantarillas, este se realizará al momento de la ejecución del proyecto previa revisión.

En el Anexo Capitulo 3, Numeral 3.2.3 se encuentra en análisis realizado para la socavación del proyecto.

* Drenaje longitudinal

En los planos geométricos y de detalle se observan todas las cunetas, bordillos, bajantes, colectores (alcantarillas longitudinales), zanjas de coronación o contracunetas y zanjas en pie o base de terraplenes, obras complementarias como estructuras de caída y bateas, vados y badenes, entre otra a utilizas.

* Cunetas

El diseño de cunetas se realizará de acuerdo con el capítulo 4.2 del Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS, y se adoptará un periodo de retorno de 5 años.

Las cunetas serán de tipo revestido, dado que el Manual de Drenaje considera necesario el revestimiento de cunetas para vías de primer y segundo orden.

En cuanto a sección, la cuneta será de tipo triangular, asimétrica. Si bien el Manual de Drenaje indica que en el medio colombiano es usual la cuneta triangular de 1 m de ancho total, distribuido 0,96 m al lado de la calzada (talud 4.8H:1V) y 0,04 m del lado del talud (talud 1H:5V), y 0,20 m de profundidad (constituyendo un vértice de 90º), con lo que se obtiene una pendiente lateral de 20,8%, también se aceptan modificaciones a estas dimensiones siempre y cuando la pendiente al lado de la calzada sea menor o igual al 25%.

En consecuencia, en las **zonas en corte**, se propone una cuneta triangular que mantenga los taludes anteriormente citados para la cuneta usual en el medio colombiano, con un ancho total de 1,5 m, distribuido 1,44 m al lado de la calzada (talud 4.8H:1V) y 0,06 m del lado del talud (talud 1H:5V), y 0,30 m de profundidad (constituyendo un vértice de 90º), con lo que se obtiene una pendiente lateral de 20,8%.

En el **separador**, se propone una cuneta triangular revestida, simétrica, con taludes 5H:1V y 0,3 m de profundidad.

Los caudales de diseño se obtienen a partir del Método Racional. La intensidad es calculada a partir de la curva IDF del proyecto, para el periodo de retorno de 5 años y un tiempo de concentración mínimo de 15 minutos.

Para el dimensionamiento hidráulico de las cunetas se empleará la formulación de Manning, utilizando un coeficiente de rugosidad de 0,014, correspondiente a revestimientos de concreto.

* Bordillos

Se colocará bordillo en el terraplén sobre el que vierte la calzada cuando la altura de dicho terraplén es igual o superior a 2 m.

En el diseño hidráulico de bordillos se adoptará un periodo de retorno de 5 años. Los caudales de diseño se obtienen a partir del Método Racional. La intensidad será calculada a partir de la curva IDF del proyecto, para el periodo de retorno de 5 años y un tiempo de concentración mínimo de 15 minutos.

Asimismo, para el dimensionamiento hidráulico de los bordillos se emplea la formulación de Manning, utilizando un coeficiente de rugosidad de 0,014.

* Bajantes

En el diseño hidráulico de bajantes se adoptará un periodo de retorno de 5 años.

Las bajantes a disponer en el proyecto serán de tipo prefabricado.

Los caudales de diseño se obtienen a partir del Método Racional. La intensidad es calculada a partir de la curva IDF del proyecto, para el periodo de retorno de 5 años y un tiempo de concentración mínimo de 15 minutos.

Para el dimensionamiento hidráulico de las bajantes se empleará la formulación de Manning, utilizando un coeficiente de rugosidad de 0,014.

* Colectores (Alcantarillas Longitudinales)

En el diseño hidráulico de colectores se adoptará un periodo de retorno de 10 años. Los caudales de diseño se obtienen a partir del Método Racional. La intensidad es calculada a partir de la curva IDF del proyecto, para el periodo de retorno de 10 años y un tiempo de concentración mínimo de 15 minutos.

Asimismo, para el dimensionamiento hidráulico de los colectores se empleará la formulación de Manning, utilizando un coeficiente de rugosidad de 0,014 (concreto).

* Zanjas de Coronación o Contracunetas y Zanjas en Pie o Base de Terraplenes

El diseño de zanjas de coronación o contracunetas y zanjas en pie o base de terraplenes, se realizará de acuerdo con el capítulo 4.3 del Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS, y se adoptará un periodo de retorno de 10 años, que podrá incrementarse a juicio del proyectista, si se detecta que los taludes de corte son inestables.

Las zanjas de coronación interceptarán la escorrentía en la parte alta del talud de corte, evitando su paso por el talud. Se dispondrán a una separación mínima de 3 m desde el borde de la corona del talud, para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes o en deslizamientos activos o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe.

Las zanjas en pie o base de los terraplenes captarán las aguas que escurren hacia los terraplenes, protegiéndolos de la erosión, y captarán también las aguas de la cuneta de terraplén. Se proyectan paralelas al terraplén, a una distancia de 3 m, apilando el material excavado entre la zanja y el terraplén.

Dichas zanjas estarán revestidas de concreto, y tendrán una sección trapezoidal simétrica, con 0,5 m de ancho en la base inferior, 0,5 m de profundidad y 1,5 m de anchura en coronación (taludes 1H:1V).

Al igual que en las cunetas, el caudal y las dimensiones se estiman con el Método Racional y la expresión de Manning para una sección y un revestimiento seleccionados (n=0,014) y una topografía dada.

* Obras Complementarias
* Estructuras de caída

El diseño de estructuras de caída se realizará de acuerdo con el capítulo 4.6.2 del Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS, y se adoptará un periodo de retorno de 10 años.

* Bateas, vados o badenes

En caso de ser necesario, se diseñarán a lo largo de la ejecucion del proyecto, bateas, vados o badenes, en concreto, que permitirán simultáneamente el paso del tránsito vehicular y de pequeñas quebradas.

Su diseño corresponderá al de un canal asumiendo flujo uniforme (expresión de Manning), verificando que la lámina o nivel de agua no supere una altura de 30 cm para un caudal de diseño con un periodo de retorno de 2 años.

###### Infraestructura de sub-drenaje

Las estructuras de sub drenaje a utilizar a lo largo del desarrollo del proyecto se proyectan en aquellos puntos donde haya evidencia de agua subterránea excesiva que alcance la plataforma, y con carácter general, en todos los taludes aferentes a la vía.

Además, bajo las cunetas en corte y en separador, se dispondrá una tubería drenante de polietileno perforado de 300 mm de diámetro, con la doble misión de intercepción del agua que se infiltre en el firme y ayuda al eventual rebaje del nivel de agua subterránea.

El periodo de retorno a adoptar en el diseño será de 2 años.

Otras estructuras a utilizar son los Filtros asolo, filtros de espina de pescado, Filtros en geodrenplanar o geodren, Filtros de Drenes horizontales, lloraderos, zanjas drenante, colchones drenante, entre otros, estos se especifican en los diseños geométricos de cada uno de los tramos de la via y de la infraestructura conexa a esta.

###### Drenaje de la corona

Para el drenaje de la corona, se tiene en cuenta lo relacionado en el capítulo 3 del Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS. (INVIAS, 2011), donde establece que a los efectos de los análisis de prevención del hidroplaneo, se considerará una intensidad de lluvia correspondiente a un período de retorno de 50 años con una duración de 10 minutos, garantizando la evacuación rápida y eficiente del agua que cae sobre la corona, con el fin de brindar seguridad sobre en la vía.

El diseño geométrico de la UF4 Variante Puerto Berrio reducirá las trayectorias de agua que fluyen sobre la calzada para impedir que las películas de agua presenten un espesor que cause inconvenientes, con objeto de evitar el hidroplano

###### Cruces de corrientes de aguas superficiales

Los cruces de corrientes sobre cuerpos de agua superficial se asocian a las obras de arte realizada para el manejo de los mismos, estas pueden ser, puentes, viaductos, puentones, alcantarillas, Box coulvert, entre otros.

Para el proyecto se proyecta la construcción de cincuenta y cuatro (54) obras de arte entre alcantarillas y box coulvet, las cuales se relacionan en la Tabla 3‑27. También se proyecta la construcción de un (1) viaducto sobre el río Magdalena y un (1) puente sobre la quebrada Sandovala (Ver Tabla 3‑28) y un total de una (1) ocupaciones para la construcción y adecuación del ZODME 10 la cual se detalla en el numeral 3.2.5 de este documento.

Tabla 3‑27 Ocupaciones de cauce para Obras de arte y drenaje

| No | NOMENCLATURA | TIPO | COOR\_X | COOR\_Y | LONGITUD | Diametro (m) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Alcantarilla\_1 | Alcantarilla D = 90 | 958367,2865 | 1209194,994 | 49 | 0,90 |
| 2 | Alcantarilla\_2 | Alcantarilla D = 90 | 958500,465 | 1209298,293 | 109 | 0,90 |
| 3 | Alcantarilla\_3 | Alcantarilla D = 90 | 958566,5005 | 1209336,427 | 31 | 0,90 |
| 4 | Alcantarilla\_4 | Alcantarilla D = 120 | 958774,9917 | 1209439,406 | 27 | 1,20 |
| 5 | Alcantarilla\_5 | Alcantarilla D = 150 | 958843,1596 | 1209471,377 | 34 | 1,50 |
| 6 | Alcantarilla\_6 | Alcantarilla D = 120 | 959087,9093 | 1209587,187 | 36 | 1,20 |
| 7 | Box\_7 | Box 2X2 | 959315,02 | 1209701,631 | 76 |  |
| 8 | Alcantarilla\_8 | Alcantarilla D = 90 | 959475,2896 | 1209907,21 | 37 | 0,90 |
| 9 | Alcantarilla\_9 | Alcantarilla D = 150 | 959525,4376 | 1210099,248 | 46 | 1,50 |
| 10 | Alcantarilla\_10 | Alcantarilla D = 90 | 959572,232 | 1210201,353 | 36 | 0,90 |
| 11 | Alcantarilla\_11 | Alcantarilla D = 90 | 968998,0095 | 1210243,448 | 30 | 0,90 |
| 12 | Alcantarilla\_12 | Alcantarilla D = 90 | 968834,713 | 1210331,155 | 32 | 0,90 |
| 13 | Alcantarilla\_13 | Alcantarilla D = 120 | 959720,6863 | 1210365,124 | 31 | 1,20 |
| 14 | Alcantarilla\_14 | Alcantarilla D = 90 | 968682,6864 | 1210468,303 | 31 | 0,90 |
| 15 | Alcantarilla\_15 | Alcantarilla D = 150 | 959972,4045 | 1210514,838 | 38 | 1,50 |
| 16 | Alcantarilla\_16 | Alcantarilla D = 90 | 968616,7924 | 1210532,211 | 27 | 0,90 |
| 17 | Box\_17 | Box 3X2 | 960049,3635 | 1210559,276 | 83 |  |
| 18 | Alcantarilla\_18 | Alcantarilla D = 90 | 968480,4674 | 1210662,407 | 26 | 0,90 |
| 19 | Alcantarilla\_19 | Alcantarilla D = 90 | 960363,6974 | 1210745,189 | 28 | 0,90 |
| 20 | Alcantarilla\_20 | Alcantarilla D = 90 | 968341,2264 | 1210803,444 | 34 | 0,90 |
| 21 | Alcantarilla\_21 | Alcantarilla D = 150 | 960626,672 | 1210896,244 | 35 | 1,50 |
| 22 | Box\_22 | Box 2X2 | 960843,6675 | 1210993,33 | 44 |  |
| 23 | Alcantarilla\_23 | Alcantarilla D = 90 | 968240,4939 | 1210996,145 | 30 | 0,90 |
| 24 | Alcantarilla\_24 | Alcantarilla D = 90 | 961267,2092 | 1211174,386 | 48 | 0,90 |
| 25 | Alcantarilla\_25 | Alcantarilla D = 150 | 961424,2171 | 1211372,645 | 34 | 1,50 |
| 26 | Alcantarilla\_26 | Alcantarilla D = 90 | 967843,8254 | 1211457,803 | 27 | 0,90 |
| 27 | Alcantarilla\_27 | Alcantarilla D = 120 | 961491,8139 | 1211462,738 | 32 | 1,20 |
| 28 | Alcantarilla\_28 | Alcantarilla D = 90 | 967765,7812 | 1211527,478 | 32 | 0,90 |
| 29 | Alcantarilla\_29 | Alcantarilla D = 120 | 961580,9297 | 1211580,453 | 31 | 1,20 |
| 30 | Alcantarilla\_30 | Alcantarilla D = 90 | 961650,3544 | 1211672,866 | 32 | 0,90 |
| 31 | Alcantarilla\_31 | Alcantarilla D = 90 | 961692,3836 | 1211728,445 | 36 | 0,90 |
| 32 | Alcantarilla\_32 | Alcantarilla D = 90 | 961830,332 | 1211911,813 | 28 | 0,90 |
| 33 | Alcantarilla\_33 | Alcantarilla D = 120 | 961915,7833 | 1212030,486 | 32 | 1,20 |
| 34 | Alcantarilla\_34 | Alcantarilla D = 90 | 961958,6141 | 1212100,863 | 35 | 0,90 |
| 35 | Alcantarilla\_35 | Alcantarilla D = 90 | 962079,6986 | 1212275,761 | 36 | 0,90 |
| 36 | Alcantarilla\_36 | Alcantarilla D = 180 | 967162,3247 | 1212473,094 | 31 | 1,80 |
| 37 | Alcantarilla\_37 | Alcantarilla D = 120 | 962326,3189 | 1212604,27 | 37 | 1,20 |
| 38 | Box\_38 | Box 3X2 | 966834,5245 | 1212754,667 | 60 |  |
| 39 | Alcantarilla\_39 | Alcantarilla D = 90 | 962474,3379 | 1212802,027 | 32 | 0,90 |
| 40 | Alcantarilla\_40 | Alcantarilla D = 90 | 962606,3443 | 1212974,472 | 27 | 0,90 |
| 41 | Alcantarilla\_41 | Alcantarilla D = 90 | 966448,5637 | 1213042,772 | 28 | 0,90 |
| 42 | Alcantarilla\_42 | Alcantarilla D = 90 | 966405,925 | 1213080,823 | 39 | 0,90 |
| 43 | Alcantarilla\_43 | Alcantarilla D = 120 | 962705,965 | 1213109,214 | 34 | 1,20 |
| 44 | Alcantarilla\_44 | Alcantarilla D = 90 | 966272,1287 | 1213164,892 | 30 | 0,90 |
| 45 | Alcantarilla\_45 | Alcantarilla D = 90 | 962768,5933 | 1213183,595 | 31 | 0,90 |
| 46 | Alcantarilla\_46 | Alcantarilla D = 150 | 966168,9387 | 1213208,23 | 32 | 1,50 |
| 47 | Box\_47 | Box 3X2 | 965815,7863 | 1213407,359 | 44 |  |
| 48 | Alcantarilla\_48 | Alcantarilla D = 90 | 965531,7728 | 1213584,102 | 77 | 0,90 |
| 49 | Alcantarilla\_49 | Alcantarilla D = 90 | 964551,6028 | 1213706,756 | 66 | 0,90 |
| 50 | Alcantarilla\_50 | Alcantarilla D = 90 | 965347,9868 | 1213700,229 | 46 | 0,90 |
| 51 | Alcantarilla\_51 | Alcantarilla D = 90 | 964655,031 | 1213734,636 | 45 | 0,90 |
| 52 | Alcantarilla\_52 | Alcantarilla D = 90 | 964765,2328 | 1213763,936 | 75 | 0,90 |
| 53 | Alcantarilla\_53 | Alcantarilla D = 120 | 965212,065 | 1213766,749 | 60 | 1,20 |
| 54 | Alcantarilla\_54 | Alcantarilla D = 120 | 964806,4901 | 1213772,191 | 80 | 1,20 |

Fuente (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

Tabla 3‑28 Ubicación de los puentes y viaductos del proyecto

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No. | Abscisa | Cuerpo de agua | Tipo | Longitud (m) | Coordenadas de Inicio Magna Sirgas Origen Bogotá | | Coordenadas Finales Magna Sirgas Origen Bogotá | |
| **Este** | **Norte** | **Este** | **Norte** |
| 1 | PK 7+500 | Río Magdalena | Viaducto | 1360 | 963131 | 1213329 | 964450 | 1213667 |
| 2 | PK 11+500 | Quebrada Sandovala | Puente | 40 | 967303 | 1212266. | 967329 | 1212232 |

Fuente: Concesionario Autopista Río Magdalena S.A.S., 2015

El Viaducto sobre el rio Magdalena cuenta con un total de 26 zapatas o pilas, las cuales se ubican dentro del lecho del rio, la ubicación de estas se muestra a continuación en la Tabla 3‑29

Tabla 3‑29 Ubicación de las pilas

| ZAPATA | N° | Coordenadas Magna Sigma Origen Bogotá | | ZAPATA | N° | Coordenadas Magna Sigma Origen Bogotá | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ESTE | NORTE | ESTE | NORTE |
| 26 | 261 | 964403 | 1213675 | 13 | 131 | 963628 | 1213478 |
| 262 | 964410 | 1213677 | 132 | 963635 | 1213480 |
| 263 | 964414 | 1213665 | 133 | 963638 | 1213467 |
| 264 | 964406 | 1213663 | 134 | 963631 | 1213465 |
| 25 | 251 | 964365 | 1213663 | 12 | 121 | 963589 | 1213468 |
| 252 | 964372 | 1213665 | 122 | 963597 | 1213470 |
| 253 | 964374 | 1213658 | 123 | 963600 | 1213457 |
| 254 | 964366 | 1213656 | 124 | 963592 | 1213455 |
| 24 | 241 | 964326 | 1213653 | 11 | 111 | 963550 | 1213458 |
| 242 | 964334 | 1213655 | 112 | 963558 | 1213460 |
| 243 | 964335 | 1213648 | 113 | 963561 | 1213447 |
| 244 | 964328 | 1213646 | 114 | 963553 | 1213446 |
| 23 | 231 | 964284 | 1213645 | 10 | 101 | 963511 | 1213448 |
| 232 | 964296 | 1213648 | 102 | 963519 | 1213450 |
| 233 | 964300 | 1213636 | 103 | 963522 | 1213438 |
| 234 | 964287 | 1213633 | 104 | 963514 | 1213436 |
| 22 | 221 | 964245 | 1213635 | 9 | 91 | 963472 | 1213438 |
| 222 | 964258 | 1213639 | 92 | 963480 | 1213440 |
| 223 | 964261 | 1213626 | 93 | 963483 | 1213428 |
| 224 | 964248 | 1213623 | 94 | 963476 | 1213426 |
| 21 | 211 | 964206 | 1213628 | 8 | 81 | 963434 | 1213428 |
| 212 | 964218 | 1213631 | 82 | 963441 | 1213430 |
| 213 | 964223 | 1213614 | 83 | 963445 | 1213418 |
| 214 | 964210 | 1213611 | 84 | 963437 | 1213416 |
| 20 | 201 | 964102 | 1213601 | 7 | 71 | 963395 | 1213418 |
| 202 | 964128 | 1213608 | 72 | 963403 | 1213420 |
| 203 | 964133 | 1213591 | 73 | 963406 | 1213408 |
| 204 | 964106 | 1213584 | 74 | 963398 | 1213406 |
| 19 | 191 | 963908 | 1213552 | 6 | 61 | 963356 | 1213408 |
| 192 | 963935 | 1213559 | 62 | 963364 | 1213410 |
| 193 | 963939 | 1213541 | 63 | 963367 | 1213398 |
| 194 | 963913 | 1213535 | 64 | 963360 | 1213396 |
| 18 | 181 | 963818 | 1213529 | 5 | 51 | 963318 | 1213398 |
| 182 | 963831 | 1213532 | 52 | 963325 | 1213400 |
| 183 | 963835 | 1213515 | 53 | 963329 | 1213388 |
| 184 | 963823 | 1213512 | 54 | 963321 | 1213386 |
| 17 | 171 | 963780 | 1213517 | 4 | 41 | 963279 | 1213388 |
| 172 | 963793 | 1213520 | 42 | 963287 | 1213390 |
| 173 | 963796 | 1213507 | 43 | 963290 | 1213377 |
| 174 | 963783 | 1213504 | 44 | 963282 | 1213375 |
| 16 | 161 | 963741 | 1213507 | 3 | 31 | 963240 | 1213378 |
| 162 | 963754 | 1213510 | 32 | 963248 | 1213380 |
| 163 | 963757 | 1213498 | 33 | 963251 | 1213367 |
| 164 | 963745 | 1213494 | 34 | 963243 | 1213365 |
| 15 | 151 | 963703 | 1213497 | 2 | 21 | 963201 | 1213368 |
| 152 | 963715 | 1213500 | 22 | 963209 | 1213370 |
| 153 | 963718 | 1213488 | 23 | 963212 | 1213357 |
| 154 | 963706 | 1213484 | 24 | 963205 | 1213355 |
| 14 | 141 | 963666 | 1213488 | 1 | 11 | 963163 | 1213358 |
| 142 | 963674 | 1213490 | 12 | 963171 | 1213360 |
| 143 | 963677 | 1213477 | 13 | 963174 | 1213347 |
| 144 | 963669 | 1213475 | 14 | 963166 | 1213345 |

Fuente: Concesionario Autopista Río Magdalena S.A.S., 2015

Estas zapatas al ser incluidas dentro de la infraestructura del viaducto sobre el río Magdalena, son tomadas como ocupaciones de cauce debido a las dimensiones de la misma estructura.

##### Infraestructura de geotecnia

La infraestructura de geotecnia corresponde a los elementos diseñados para permitir la estabilidad de las obras de la vía.

###### Obras tipo de geotecnia y/o estabilidad de taludes

En general, el trazado discurre a través de una orografía suavemente alomada. Únicamente a su paso por el río Magdalena, entre la abscisa K 6+520 y la K 8+140, aparece un accidente geográfico en el cual se construirá el viaducto sobre el río Magdalena. El resto del trazado se ajusta razonablemente bien a la orografía, normalmente aprovechando el corredor de la vía actual.

Los cortes previstos presentan alturas moderadas, normalmente inferiores a los 10 m. Se han identificado algunos cortes con alturas del orden de 20 m.

Teniendo en cuenta la descripción geológica del área (Capítulo 5 del presente estudio), el terreno por el que discurre el trazado está formado por alternancias de tramos de llanuras fluviales con cerro alomados. Mientras los depósitos aluviales están asociados al río Magdalena y a cuencas secundarias, los cerros están formados depósitos Terciarios de arenas limoarcillosas parcialmente cementadas. En general, la distribución de los distintos niveles es subhorizontal.

Por lo tanto, con esta distribución de materiales, es de esperar que los rellenos apoyen generalmente en depósitos aluviales recientes, mientras que los cortes se ejecuten en depósitos Terciarios de la formación Mesa.

* Puntos críticos

En el área de desarrollo del proyecto no se han identificado zonas con problemáticas geológico-geotécnicas que precisen de una actuación singular para su estabilización. Por tanto, sólo se contempla la ejecución de medidas de estabilización convencionales como:

* Cunetas de coronación
* Bajantes en puntos bajos
* Construcción de taludes pequeños
* Entre otros
* Cortes Proyectados

Los principales cortes previstos se indican en las memorias de cálculo de cortes y taludes, donde se especifican sus características principales, los taludes propuestos (los cuales estarán entre 1H:1V, 4H:3V, 2H:3V) así como sus posibles medidas de estabilización.

No se han identificado condiciones geológico-geotécnicas singulares que requieran de medidas especiales de estabilización. Las posibles inestabilidades identificadas son las normales derivadas de los criterios de diseño adoptados. Se trata de criterios convencionales habituales, que buscan una solución de compromiso que minimice el volumen de excavación, frente a un conjunto de medidas estabilizadoras que funcionen y supongan un coste de ejecución asumible.

Los cortes de pequeña tendrán alturas inferiores a los 5 m, y pueden disponerse con talud 2H:1V.

* Diseño de terraplenes

En lo referente a los terraplenes, se construirán con el material obtenido de los cortes de la propia obra en núcleo, requiriéndose material de aportación para la coronación, o bien material obtenido de las terrazas.

En el caso de que sea necesario aportar material de préstamos, se podrá obtener de diferentes empresas encargadas de la explotación de material aluvial del río Magdalena, los cuales deben contar con sus permisos pertinentes

En los terraplenes se adoptarán las siguientes medidas de carácter general:

* Taludes 3H:2V
* Como norma general, sanear los 0.50 m más superficiales (valor medio, incluyendo la tierra vegetal) para retirar los suelos más alterados y contaminados, compactando el terreno.
* En ciertos terraplenes pueden existir problemas de drenaje. En tales casos se saneará un mínimo de 1.0-1.5 m de espesor y se echará una primera capa de pedraplén o suelos aluviales muy gruesos (incluyendo bolos de tamaño 20-30 cm).

Cabe destacar que no se han identificado problemáticas singulares geológico-geotécnicas que puedan condicionar la cimentación de los terraplenes, más allá de la presencia superficial de niveles de suelos de baja capacidad portante y vertidos antrópicos, siempre de pequeño espesor.

##### Infraestructura de suministro de energía

Para el desarrollo de las actividades en plantas de procesos descritas el suministro de energía se realizará mediante generadores o grupo generador electrógeno los cuales se ubicaran aislados del área de proceso.

Estos generadores contaran con aislantes térmicos y sonoros los cuales protegen los equipos de la intemperie, polvo u otro elemento que pueda poner en riesgo la operación del equipo.

Todos los generadores eléctricos o grupos electrógenos estarán equipados con los mayores sistemas de seguridad y control para garantizar la calidad en el suministro eléctrico con un bajo consumo de combustible.

Para el campamento permanente para el suministro de energía se contara con generadores eléctricos o grupos electrógenos o bien por la conexión a red de suministro eléctrico de la empresa de energía de Puerto Berrío.

#### Infraestructura asociada al proyecto

##### Campamentos permanentes y transitorios

El proyecto “Construcción variante Puerto Berrío” contará para su ejecución con un (1)

Campamento habitacional de un área de 1001m2, el cual se establecerá en el municipio de Puerto Berrío, en la vereda Las Flores (Coordenadas Magna Sigma Origen Bogotá Este 954561, Norte 1209789)

En el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.3 se presentan los diseños del campamento así como su localización general.

###### Cuantificación aproximada de movimientos de tierra:

El área definida para el establecimiento del campamento corresponde a un terreno de topografía plana, por lo cual no se requieren cortes o excavaciones para llevar a cabo el proceso de construcción. Se realizarán labores de limpieza del área, instalaciones de las unidades habitacionales, sanitarias, comedores, casinos, entre otras.

###### Redes de drenaje:

El campamento contara con la instalación de redes de drenaje para el control de aguas lluvias, con el fin de evacuar evitando encharcamientos dentro de las instalaciones.

También contaran con redes de distribución de agua potable a las áreas de dormitorios, oficinas, casinos, comedores y zonas de baños y duchas.

Las redes de drenaje de aguas lluvias se podrán observar en el plano de diseño del campamento que se puede encontrar en el Anexo Capítulo3, Numeral 3.2.3

###### Áreas de tratamiento

El campamento contara con un área destinada para el tratamiento de agua residual domestica generada por las actividades propias del campamento habitacional.

Esta área se ubicara fuera de la zona de dormitorios, comedores y casinos, con el fin de evitar molestias por la generación de olores, mantenimientos a las unidades, entre otras labores.

En el anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.3 se encuentra el plano general del campamento, en donde se pude observar la ubicación de la planta de tratamiento.

###### Disposición de residuos

Para la disposición de residuos sólidos generados dentro del campamento, se realizará de acurdo a lo establecido en el plan de manejo ambiental sobre el plan de manejo de residuos sólidos y peligrosos.

Se ubicaran en diferentes puntos del campamento sistemas de recolección y separación de residuos sólidos, también se contara con rutas de recolección establecida dentro de las instalaciones, almacenando temporalmente los residuos recolectados en el área establecida para los mismos, la cual se ubica fuera del área de dormitorios y casino, las actividades descritas anteriormente dependerá de la dinámica del campamento.

El área de almacenamiento de residuos sólidos, contar con ventilación natural suficiente que ayude a la disipación de olores y gases generados por el almacenamiento temporal, debe ser un lugar adecuado según lo establecido en el plan de manejo, la recolección de los residuos sólidos domésticos será realizada por la empresa de aseo de Puerto Berrío, los residuos reciclables serán entregados a las asociaciones de recicladores de la zona. Los otros residuos generados dentro de las instalaciones del campamento, serán manejados de acuerdo con el plan de manejo.

En el anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.3, se encuentra el plano general del campamento donde se podrá observar la ubicación del sitio de acopio de residuos sólidos recolectados.

###### Zonas de almacenamiento de insumos, sustancias y combustibles.

Las zonas de almacenamiento de insumos, sustancias y combustibles contaran con las normas de seguridad establecidas para el almacenamiento de cada una de estas, además se tiene en cuenta la matriz de compatibilidad de sustancias químicas con el fin de evitar incidentes en las áreas de almacenamiento

Para el almacenamiento de combustibles y sustancias liquidas, se realizará en contenedores propios para ellos, contando con un dique de seguridad del 110% del volumen del contenedor de almacenamiento, también contara con un sistema de ventilación natural, y un sistema de manejo de derrames el cual debe tener sistema de canales y una caja para la recolección de sustancias en caso de derramadas dentro del sitio de almacenamiento, el piso debe estar impermeabilizad y señalizado, tendrá un sistema de control de incendios, derrames o emanación de gases tóxicos y se mantendrá un control sobre las sustancias almacenadas, sus hojas de seguridad y proveedor, con el fin de poder dar un manejo adecuado en caso de una emergencia. En los sitios de almacenamiento se cumplirán todas las normas y protocolos de seguridad exigidos para esta actividad.

En el anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.3 se encuentra el plano general del campamento donde se podrán observar el área de almacenamiento de sustancias.

##### Fuentes de materiales

Para el desarrollo del proyecto “Construcción Variante Puerto Berrío” se requerirá material para la construcción de vías y obras que involucran concreto como son las placas, los pilones, alcantarillas, box coulvert, puentes, cunetas, entre otras. Este material sera obtenido de fuentes legalmente constituidas y reconocidas bajo licencia ambiental por la corporación autónoma CORANTIOQUIA y/o CAS, y la Agencia Nacional de Minería (ANM).

La Tabla 3‑30 se muestra algunos sitios de extracción y comercialización de material de construcción, legalmente establecidos y reconocidos por CORANTIOQUIA cercanos al área de desarrollo del proyecto, con los cuales se podrá realizar la compra de estos

Tabla 3‑30 Sitios de extracción y comercialización de material autorizados

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CODIGO RMN | MINERALES | MUNICIPIOS-DEPARTAMENTOS | TERRITORIALES | EXPEDIENTE NUMERO - CORANTIOQUIA | TIPO DE PERMISO |
| HFML-07 | GRAVA\ ARENA | AMALFI | ZENUFANA | ZF3-2005-3 | Licencia ambiental o plan de manejo ambiental |
| GJIE-01 | DEMAS\_CONCESIBLES\ MATERIALES DE CONSTRUCCION | CISNEROS\ SANTO DOMINGO\ YOLOMBO | ZENUFANA | ZF3-2010-14 | Licencia ambiental o plan de manejo ambiental |
| HGKL-01 | GRAVA\ ARENA | YONDO (CASABE) | ZENUFANA | ZF3-2006-3 | Licencia ambiental o plan de manejo ambiental |
| HIBJ-35 | GRAVAS NATURALES\ ARENA | PUERTO BERRÍO | ZENUFANA | ZF3-2010-21 | Licencia ambiental o plan de manejo ambiental |

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

La empresa Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, podrá trabajar con otras empresas de extracción y comercialización de material diferentes a las expuestas anteriormente, siempre y cuando presenten la documentación ambiental y operativa pertinente exigida por la autoridad ambiental. Esta información deberá ser anexada a los informes de cumplimiento ambiental- ICA.

##### Campamentos Transitorios

Se utilizarán campamentos transitorios en los frentes de obra, donde se almacenará material temporal para la ejecución del proyecto, este acopio será realizado en el derecho de vía del trazado propuesto.

En los frentes de obra ubicados en el costado oriental y occidental del río Magdalena, se ubicarán campamentos transitorios en el derecho de via del trazado, los cuales cumplirán la función de almacenamiento temporal de maquinaria y herramientas que se estén utilizando en la obra y que por razones de logística no se puedan trasladar a los campamentos permanentes.

##### Plantas de procesos

Para la ejecución del proyecto “Construcción Variante Puerto Berrío”, se proyecta la construcción de una (2) planta de concreto y una (1) planta de asfalto, con el fin de brindar el material necesario para la ejecución del proyecto. A continuación, se describen las plantas a utilizar.

###### Planta de concreto

El proyecto “Construcción Variante Puerto Berrío” contara con dos (2) plantas de concreto, con una producción máxima de concreto 1.000 m3/día cada una. La Tabla 3‑31 muestra la ubicación de cada una de las plantas.

Tabla 3‑31 Plantas de concreto

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nombre | Vereda | Municipio | Coordenadas Magna Sigma Origen Bogotá | | Área (m2) |
| Este | Norte |
| Planta de Concreto Río M.I | El Jardín | Puerto Berrío | 962877 | 1212954 | 7957 |
| Planta de Concreto Río M.D | Puerto Olaya | Cimitarra | 964660 | 1213600 | 10000 |

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Cada una de las plantas de concreto (hormigón) contara con un sistema de mezclado ínsito, eso indica que cada producto se une en la mezcladora por diferentes procesos y con sus medidas correspondientes según la formulación requerida, teniendo en cuenta que la base principal de la mezcla es cemento, áridos de distintas granulometrías, agua, acelerantes, retardantes, entre otros.

Las plantas contarán con 3 silos cada una, donde se almacenará cemento y por medio de un sistema de pesado se dosificará dependiendo de la cantidad requerida para cada una de las formulas. En su parte superior contara con un sistema de filtrado el cual controla el material particulado generado en estas unidades. El sistema de llenado de los silos se realiza por medio de una tubería de cada silo al sitio de almacenamiento.

Se contará con un área de almacenamiento de material granular en cada planta, este se realizará en 5 tolvas de diferentes granulometrías para cada material, teniendo en cuenta esto y siguiendo el proceso, los áridos necesarios para la producción de hormigón, serán cargados en las tolvas por medio de palas cargadoras. El sistema de pesado calculara la cantidad de árido por su granulometría y serán transportados en su tolva hasta el castillete.

El castillete está compuesto por los sistemas de almacenamiento de cemento y árido, donde se recibe el material y se ingresa a la mezcladora, donde se realiza la mezcla de material, agua y químicos en las cantidades necesarias para cada una de las formulas. Cuando todos los productos se encuentran en las proporciones solicitadas, entran a la amasadora la cual envuelve y mezcla los productos el tiempo programado.

Cada planta contará con un área de cargue de concreto, donde terminada la mezcla será cargado por medio tubería en los camiones o mixer para su transporte. Para el cargue la planta cuenta con un circuito central para el para el tránsito de vehicular (cargue y descargue) de material.

El área de acopio de material triturado utilizado como materia prima para la producción de concreto, el cual debe encontrarse bien identificado y separado con el fin de evitar contaminaciones inesperadas del material.

Dentro de las instalaciones de las plantas se contará con un área de parqueo para vehículos livianos, un área de laboratorio para realizar pruebas de resistencia en los concretos producidos, un área de baños y almacenamiento de residuos, un área de oficinas y almacenamiento de material.

Para el proyecto se propone utilizar dos plantas de hormigón marca Elba, modelo EBCB130. Estas plantas tienen una capacidad de 130 a 150 m3 de hormigón compactado por hora cada una.

La EBC 130 tiene un sistema como planta de alimentación lineal de áridos por skip o por cinta transportadora.

El diseño compacto y modular garantiza un tiempo de montaje corto. El pre-montaje de los componentes permite un gasto de tiempo mínimo durante la instalación.

La integración de la mezcladora de doble eje ELBA EMDW 3000 o EMDW 3500 garantiza un alto rendimiento y rentabilidad.

La combinación con el sistema automático de mando ELBAMATIC S o ELBAMATIC C posibilita el manejo de la planta con reportes de producción.

Estas plantas también cuentan con: limpieza automática de la mezcladora, filtro o Airbag para evitar emisiones de polvo, cubierta protectora frente a las influencias climáticas.

Cada planta contará con un sistema de recolección del agua procedente del lavado de equipos de la planta, estas aguas serán conducidas por medio de canales independientes a un sistema de balsa con una capacidad de 50.000 lt, la cual cuenta con un decantador o sedimentador, separando el sólido del agua, almacenando esta temporalmente.

El proceso de limpieza de la balsa se plantea en dos fases, la primera el agua decantada y limpia de áridos se succiona por medio una bomba o camión con el fin de utilizarla en el riego o humedecimiento de los terraplenes de la obra, siendo esta una medida de manejo de material particulado, generado en los terraplenes. La segunda fase, los lodos resultantes de la decantación, serán retirados y depositados en los lugares de secado ubicados en la planta, concluido su proceso de secado se trasladará para su disposición final a los ZODMES.

Para el manejo de las aguas de escorrentías dentro de las áreas industriales, se ubicarán canales perimetrales, los cuales recogerán las aguas lluvias y serán conducidas a las cajas de sedimentación.

En el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.3, se podrá observar a mayor detalle los diseños para la planta de concreto y su manual de especificaciones técnicas.

###### Planta de asfalto

La planta de asfalto propuesta para el desarrollo del proyecto “Construcción Variante Puerto Berrío” se localizará en la vereda las Flores en el municipio de puerto Berrío, con una producción diaria de máximo 1.000ton/día. La Tabla 3‑32 muestra la ubicación de esta plana.

Tabla 3‑32 Plantas de asfalto

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nombre | Vereda | Municipio | Coordenadas Magna Sigma Origen Bogotá | | Área (m2) |
| Este | Norte |
| Plan de Asfalto las Margaritas) | Las Flores | Puerto Berrio | 956303 | 1211352 | 63.397 |

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Se propone utilizar una planta de asfalto marca SIM serie SPRRDY BATCH 280, la cual es una planta móvil, que pueden desplegarse rápidamente. Tiene una producción capacidad de 210 a 280 t / h. Los elementos individuales de la planta de producción están perfectamente configurados de acuerdo con dimensiones de los contenedores y se pueden montar fácilmente con las conexiones eléctricas y neumáticas integrados

en el concepto de la planta listo para la conexión.

Cuenta con canales de cable están pre-integradas en las pasarelas. Esto garantiza la canalización de cable limpio y los propios cables están completamente protegidos contra los daños durante el transporte. Los silos de relleno y recuperados silos de relleno externos son una parte de la estructura de soporte y están completamente integrados entre el filtro y el tambor de secado.

Esta planta contara mezcladoras y tolvas de espera en caliente, calentando aridos y mezclados de forma homogénea, siguiendo las especificaciones técnicas para cada formula de asfalto realizada.

La planta de asfaltos se compone de cinco tolvas que acopia el material por su granulometría, seleccionando de forma automática la cantidad de material a calentar.

Los áridos son conducidos al secador (tromer) mediante la cinta lanzadora, con el fin de ser calentar los áridos hasta la temperatura óptima para la mezcla, siguiente a esto los materiales calentados son transportados por el elevador de áridos hasta las cribas situadas en la parte superior del castillete, donde esperan a ser seleccionados y pesados según la fórmula de asfalto a producir. De manera simultánea se absorbe el betún de los tanques calientes.

Cuando todos los materiales se encuentren en disposición (áridos calientes, betún y otros aportes según la fórmula de trabajo) se introducen en la mezcladora para su mesclado homogéneo, el material resultante será entregado por medio de tuberías a los camiones transportadores.

La planta de asfaltos cuenta con un parque de ligantes se encuentra asentado en una plataforma de hormigón capaz de soportar el peso, contando con diques de contención propios es la plataforma con el fin de contener cualquier tipo de vertimiento de betún, el cual luego de solidificarse es recogido de esta superficie con gran facilidad.

Esta planta contara con un tanque del combustible el cual alimentara al quemador durante la operación, este tanque se encuentra recogido en una base de hormigón y rodeado por un dique de contención, el cual tiene una capacidad de recolección del 110% del volumen total del tanque de combustible, con el fin de asegurar el manejo de vertimiento si llegara a presentarse.

Para el manejo de emisiones la planta cuenta con un sistema de absorción de gases de combustión y a su vez de limpieza del filler[[1]](#footnote-1) que produce el material árido al calentarse, con una superficie filtrante de 900m2 y de 1.5m2 de cada manga. El sistema de control de emisiones cuenta con un sistema de control automático y un sistema de monitoreo de emisiones de gases el cual asegura que la calidad de los gases emitidos no exceda lo permitido por la legislación colombiana.

Respecto al filler que no se aporta a la fórmula de trabajo son transportados y depositados en la mezcladora por medio de un sinfín, inyectando una cantidad de agua suficiente para sacar una pasta de fácil manejo y de esta forma no ocasiona filler en suspensión.

La instalación de la planta se realizará en una elevación natural o de ser necesario se realizará una explanación con una cota por encima del terreno existente, con el fin de evitar que el agua lluvia y el agua de escorrentía se acumule en la instalación. Para el manejo de las aguas de escorrentías dentro de las áreas industriales, se ubicarán canales perimetrales, los cuales recogerán las aguas lluvias y serán conducidas a la trampa grasas y sedimentación, reteniendo así cualquier tipo de contaminante que puedan arrastrar.

El área de tránsito de vehículos se rellenará de material árido facilitando el acceso y manteniendo un control en el material particulado generado por la movilización.

Para el manejo de las aguas de escorrentías dentro de las áreas industriales, se ubicarán canales perimetrales, los cuales recogerán las aguas lluvias y serán conducidas a las cajas de sedimentación

A continuación, la Tabla 3‑33 muestra los materiales necesarios para la producción máxima en cada uno de las plantas, recordando que para la planta de concreto son dos.

Tabla 3‑33 Materiales necesarios para la producción en las plantas de asfalto y concreto.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Material | Planta de concreto (prod. 1000 m3/día) | Planta de Asfalto (prod. 1000 ton/día) |
| Arena (ton) | 1000 | 500 |
| Gravilla (ton) | 800 | 200 |
| Grava (ton) | 500 | 300 |
| Cemento (ton) | 300 | 50 (Cemento asfaltico) |
| Agua (l/dia) | 180.000 | 10.000 |

Fuente: APIA XXI gpo, 2015

#### Infraestructura y servicios interceptados por el proyecto

Teniendo en cuenta los proyectos y servicios que se encuentran en el área de influencia y de intervención del proyecto “Construcción de la Variante Puerto Berrio” a continuación se describen las redes a interceptar o intervenidas por el trazado.

En el Anexo Capitulo 3, Numeral 3.2.3 se encuentran los registros de las redes identificadas, su ficha y plan de traslado.

##### Redes de Hidrocarburos

Teniendo en cuenta en el área de influencia el desarrollo de actividades de exploración, exploración, producción y transporte de hidrocarburos y sus derivados, a continuación, la Tabla 3‑34 relaciona las intersecciones de esta infraestructura por el trazado del proyecto o la infraestructura asociada.

Tabla ‑ Redes o infraestructura de hidrocarburos interceptados

| Interferencia No. | Tipología | Operador | Abscisa | | Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| PR Inicial | PR Final | Norte | Este |
| AM2-IR-UF4-C1-HC-006 | Cruce de oleoducto | Mansarovar | 10+293 | 10+331 | 1209379 | 957164 |
| AM2-IR-UF4-C1-GN-001 | Cruce de propanoducto | Ecopetrol | 10+340 | 10+340 | 1211574 | 922227 |
| Planta MI-UF4-C1 | Clúster Chicala -8 | Mansarovar |  |  | 1213600 | 964660 |

Fuente: (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

Para la propuesta de coexistencia de estas redes con el proyecto vial, se tuvieron en cuenta las normas aplicables para la evaluación y diseño de redes de hidrocarburos. Dichas normas son:

* ASME B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping System.
* NTC 3728 Gasoductos Líneas de Transporte y Redes de Distribución de Gas.
* API RP 574 2009 Inspection Practices for Piping System Components
* API RP 1102 Steel Pipelines Crossing Railroads and Highways
* API RP 1117 Recommended Practice for Movement in In-service Pipelines
* NTC 4748 2006 Norma Técnica Colombiana Tubo de línea

###### Medidas de manejo

A continuación, se presentan las acciones de manejo para las intersecciones identificadas:

* Interferencia AM2-IR-UF4-C1-HC-001 – ECOPETROL S.A.

Esta interferencia consiste en un cruce de la tubería del sistema Galán - Salgar, que se encuentra subterránea. La tubería es acero API 5LX60 de 16” de diámetro y con un espesor aproximado de 0.375”.

Las tuberías de hidrocarburos, usualmente se encuentran enterradas a 2.50m medidos desde la rasante de la vía; y en otras zonas dentro del derecho de vía, normalmente se encuentran a 1.50m. Lo anterior, de acuerdo con lo estipulado en la normativa API 1102, numeral 4.4.3, donde se expone el criterio de la distancia mínima entre la rasante y la cota clave de la tubería, para que la distribución de esfuerzos no afecte la integridad de la misma, si no cuenta con ninguna protección. (Ver Tabla 3‑35 y Figura 3.41)

Tabla ‑ Profundidad mínima dela tubería en la vía – API 1102

|  |  |
| --- | --- |
| Mínima cobertura para cruces de autopistas | |
| Ubicacion | Cobertura Minima |
| Bajo la propia autopista | 4 ft (1.2m) |
| Bajo las demás superficies dentro del derecho de via o desde el asiento de la zanja | 3 ft (0.9m) |
| Para tuberías que transporten HVL | 4 ft (1.2m) |

Fuente: API 1102

|  |
| --- |
|  |

Figura . Esquema Cruce de tubería -API 1102

Fuente: API 1102

No obstante, y debido a la importancia de esta tubería, y de los enormes costos e impactos tanto ambientales como para la operación de la vía, que acarrearía un daño en la misma, se realizará un análisis de las deformaciones y esfuerzos a los que se sometería la tubería, para corroborar lo mencionado en la normatividad API 1102.

Esta interferencia se presenta en una parte de la vía donde se realizará rehabilitación de la vía existente y se proyectará el diseño para la segunda calzada, por tanto, no se efectuará ningún cambio en las condiciones a las cuales se encuentra actualmente la tubería para la calzada existente; por ello, la recomendación es realizar constante monitoreo en el momento en que se lleve a cabo la intervención, además de supervisión por parte del operador de la misma, con el ánimo de evitar cualquier afectación a la integridad de la misma. Sin embargo, para la segunda calzada, es importante verificar la profundidad a la que se encuentra la tubería, al igual que sus condicionaes actuales y sus parámetros de diseño; lo anterior para verificar si se requiere la proyección del encamisado existente.

* Interferencia AM2-IR-UF4-C1-GN-001 – ECOPETROL S.A.

Esta interferencia consiste en un cruce diagonal de la tubería del propanoducto Galán-Salgar, que se encuentra aéreo. La tubería es acero API-5L X50 de 8” de diámetro y con un espesor aproximado de 0.275”.

Como se mencionó anteriormente, este propanoducto es aéreo en el sector donde se construiría la variante, lo que quiere decir que no está soportando esfuerzo de ningún tipo, puesto que se encuentra apoyada en estructuras marcos H cada 30m. Por tanto, y debido a que en este sector se realizará la construcción de la variante, es indispensable revisar las condiciones originales de diseño y verificar, si los terraplenes planteados para la vía, son viables sin tener que realizar algún tipo de intervención a la red. De no ser así, se debe contemplar la posibilidad de construir una estructura de protección tipo cárcamo o generar mayores espesores en la tubería, que le aporten mayor rigidez para soportar los nuevos esfuerzos.

* Interferencia AM2-IR-UF4-C1-HC-006 – MANSAROVAR ENERGY

Esta interferencia consiste en un cruce de la tubería, que se encuentra aérea. La tubería es de acero API 5LX65 de 16” de diámetro y con un espesor aproximado de 0.28”.

Realizada una localización de la tubería en campo, se encuentra que la misma no está soportando esfuerzo de ningún tipo, puesto que se encuentra apoyada en estructuras marcos H cada 30m. Por tanto, y debido a que en este sector se realizará la constricción de la variante, es indispensable revisar las condiciones originales de diseño y verificar, si los terraplenes planteados para la vía, son viables sin tener que realizar algún tipo de intervención a la red. De no ser así, se debe contemplar la posibilidad de construir una estructura de protección tipo cárcamo o generar mayores espesores en la tubería, que le aporten mayor rigidez para soportar los nuevos esfuerzos.

* Análisis de cargas tipo para tubería de Ecopetrol

De acuerdo a valores usuales de peso específico de suelos y el Código Colombiano Sismo-Resistente NSR-10, se trabajara con los siguientes parámetros de Diseño

Gamma del terreno (γ) γ = 16 KN/m3

Esfuerzo de fluencia del Material Fy=415MPa(API 5LXGR 60)

El modelo corresponde a la estructura del tubo de 16” que atraviesa la vía, y que cuenta con una carga distribuida sobre su mitad superior,correspondiente a la carga del terreno que se encuentra sobre el tubo (carga muerta) y la carga de los vehículos que circularán por esta vía (carga viva).

El material correspondiente a la tubería es acero API 5LX60 y el espesor de la tubería también fue incluido en el análisis.

Para el análisis del modelo se utiliza el software SAP2000, donde se analizará con el sistema de arcos consecutivos de acero con las propiedades geométricas del tubo.

Las cargas muertas, que corresponden a aquellas que son permanentes después de la construcción, se asumieron de 2.5m de espesor de la capa del terreno, y con un peso específico del suelo de 16 KN/m3; y la carga viva, se asumió inicialmente de 10 KN/m2. Para la verificación del tubo, solo se tuvieron en cuenta las cargas de servicio, sin mayora. Se obtuvo finalmente, un esquema de los esfuerzos asumidos por la tubería como se muestra en la Figura 3.42

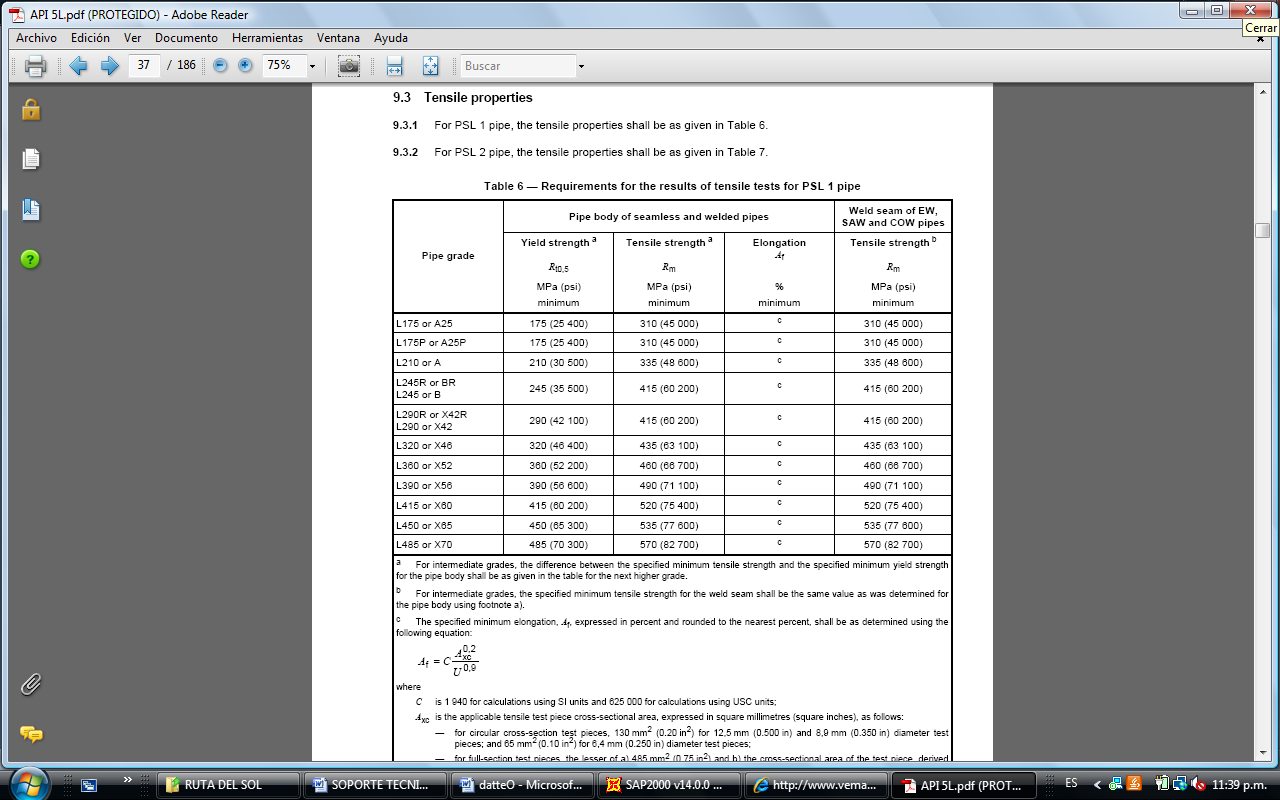
|  |
| --- |
|  |

Figura . Esquema de esfuerzos asumidos por la tubería. Simulado en SAP2000

Se encontró que el máximo esfuerzo que soportará el tubo es de 45.48 MPa.

Las propiedades mecánicas de los tubos basados en la norma API 5L y respecto a su grado se muestran en la Tabla 3‑36

Tabla ‑ Datos de propiedades mecánicas de tubos – API 1102



Fuente: Norma API 1102

Con los datos obtenidos del programa de análisis estructural SAP2000 y de la anterior tabla, podemos hacer el siguiente análisis:

1. El máximo esfuerzo que se presenta en cada tubo, debe ser menor al 60% del Fy especificado en la tabla; esto debido a que debemos trabajar con esfuerzos admisibles y no con esfuerzos últimos.
2. Se puede hacer la siguiente comparación general:

Figura . Resultado de Esfuerzos

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| TUBO | GRADO DEL TUBO | FT (MPa) | ESFUERZO ADMISIBLE (MPa) | ESFUERZO ACTUANTE (MPa) | CUMPLE |
| 12" | x60 | 415 | 249 | 45.48 | O.K |

1. Como conclusión final, se especifica que los tubos no presentaran daño alguno en el tramo que interceptan la vía.

##### Redes Electricas

Para la Unidad funcional 4, se presentan nuevas interferencias con redes de energía. Las interferencias presentadas pertenecen a la infraestructura de EPM, Electrificadora de Santander, ISA y Cemex, quien construye actualmente la planta de cemento en La Susana, en el Municipio de Maceo.

Estas interferencias se generan con postes que sostienen redes eléctricas, que pueden ser de media tensión, baja tensión y/o alumbrado público. De estas redes se resalta que la interferencia física es el apoyo o poste, el cual debe ser trasladado, sin embargo, la importancia es revisar la mecánica de las redes como tal, para establecer la necesidad de trasladar más de un apoyo.

También dentro del trazado se presentan acercamientos con torres de alta tensión de ISA, que si bien, ningura de ellas presenta una interferencia directa.

A continuación la Tabla 3‑37 presentan las interferencias eléctricas con el trazado de la UF 4 \_Variante

Tabla ‑ Ubicación de la interferencia eléctrica

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Número de interferencia | Tipología | Operador | Abscisa | |
| **Inicio** | **Final** |
| AM2-IR-UF4-C1-EL-001 | Paralelismo de línea de energía – Baja tensión | EPM | 0+016 | 0+096 |
| AM2-IR-UF4-C1-EL-002 | Paralelismo de línea de energía – Baja tensión | EPM | 0+169 | 0+169 |
| AM2-IR-UF4-C1-EL-003 | Cruce de línea de energía- Alta tensión | Cemex | 2+600 | 2+600 |
| AM2-IR-UF4-C1-EL-004 | Cruce de línea de energía -Mediana tensión | EPM | 6+300 a | 6+690 |

Fuente: (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

###### Criterios de diseño de Redes Eléctricas

Como criterio general para establecer las fajas de retiro se toma la ley 1228 de 2008 y la ley 1682 de 2013 junto a las resolucion 950 de 2006 y la Resolucion 761 de 2015.

Al realizar el diseño se tienen en cuenta varios criterios que permiten establecer normas y directrices a la hora de construir la red. Las normas básicas con las que se realizaron los diseño son las de los operadores de red y estas no son modificadas o alteradas, los criterios se usan cuando la norma no lo establece o no es clara al respecto.

Debido a la importancia y la cantidad de carga que manejan algunos circuitos eléctricos y por el hecho de que se va a trasladar la red existente, se hace necesario el uso de diferentes métodos para realizar el traslado. Uno de los métodos más indicados es el uso de línea viva (para redes eléctricas) el cual permite realizar maniobras sin desenergizar completamente un circuito y poder seccionar en tramos más pequeños para afectar el menor número de usuarios o poder realizar alimentaciones desde otros circuitos del operador de red. Este servicio debe ser gestionado durante la ejecución de la obra.

Para el diseño y o traslado de redes de energía se utilizaran postes de concreto reforzado de acuerdo a la norma definida por el operador de red. En la mayoría de los casos se proyectaron postes auto-soportados de resistencia mayor o igual a 750 kgf, teniendo en cuenta que aunque no son los que se encuentran instalados actualmente (dado una existencia en un alto porcentaje de postes de madera) no se considera viable el reemplazo de los existentes por postes en el mismo material. En los diseños se procurará conservar las trayectorias de las redes existentes con el fin de reducir los costos y las intervenciones sobre la red.

Al momento de realizar las actividades de traslado de las redes es necesario tener en cuenta que el operador de red debe cumplir una normativa establecida por la comisión reguladora de energía y gas CREG, en la cual se le establecen al operador de red indicadores de calidad y confiabilidad, por tal motivo las suspensiones que se realicen para intervenir las redes deberán ser mínimas, de tal forma que los indicadores no se vean afectados. Por lo anterior en algunos casos particulares se deberá emplear cuadrillas de línea viva y/o realizar pre construcción de trayectos para no afectar la continuidad del servicio.

Para cada una de las interferencias se especifica un plan de traslado de redes, el cual se encuentra en el Anexo 3.2.3, Numeral 6.

Los traslados de las redes siempre deberán ser realizados con la coordinación del operador de red, bajo los criterios que se definan en las visitas con la interventoría.

Para los predios en los cuales se vaya realizar demoliciones, antes de realizar la intervención sobre las redes se deberá verificar que se encuentren al día en sus obligaciones económicas con el operador de red. Todo retiro de medidor deber ser reportado al operador de red.

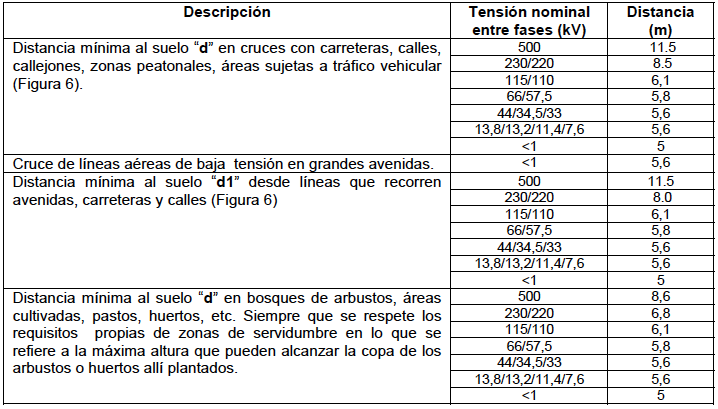
En el caso de las redes eléctricas para los tramos en los cuales se presentan cruces y paralelismos con redes, tener en cuenta las distancias mínimas de seguridad para diferentes situaciones. Articulo RETIE 13.2, ver Figura 3.44, Tabla 3‑38 y Tabla 3‑39

|  |
| --- |
|  |

Figura . Distancia “d” y “d1” en cruces y recorridos de vías

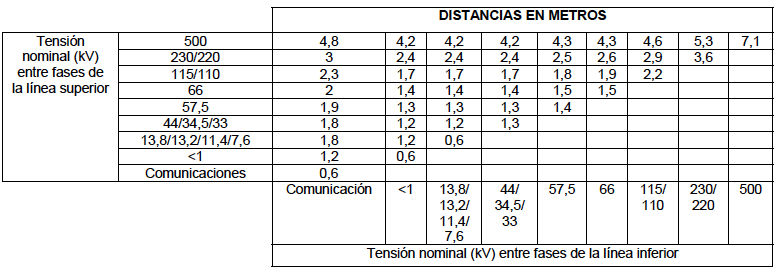
Fuente: Norma RETIER

Tabla ‑ Distancia mínima de seguridad para diferentes situaciones



Fuente: Norma RETIER

Tabla ‑ Distancia mínima en vanos con líneas de diferentes tensiones



Fuente: Norma RETIER

* Interferencia AM2-IR-UF4-C1-EL-001 – EPM E.S.P.

Esta interferencia consiste en un paralelismo de red de energía aérea de baja tensión que involucra el traslado de tres postes existentes en concreto de 8 m, que tienen adosados, 3 luminarias y 5 contadores.

Las líneas de baja tensión en el sector usualmente están con cables antifraude y su vestida contiene los siguientes elementos: 3 Postes de concreto de 8 m, Herrajería (percha de un puesto, aislador de carrete, cinta Bandith y hebilla). Lo anterior, de acuerdo con lo estipulado en la normativa RETIE (Res. 9 0708 de 2013).

Este tipo de traslados son generalmente sencillos y consiste en la construcción de un nuevo apoyo (Poste en concreto), en un sector dentro de la zona de exclusión, de igual manera esta red es terminal por lo tanto se plantea la alternativa de realizar un traslado al nuevo predio a desarrollar y si este no es el caso eliminarlo.

Esta interferencia se presenta en una parte de la vía donde se realizará mejoramiento, por lo tanto, afecta la ubicación actual y obliga a un traslado, por consiguiente, se recomienda aprobación en el trámite y acompañamiento del operador de la red en el traslado proyectado.

* Interferencia AM2-IR-UF4-C1-EL-002 – EPM E.S.P.

Esta interferencia consiste en un paralelismo de red de energía aérea de baja tensión que involucra el traslado de un poste existente en concreto de 8 m, que tiene adosado un transformador y un contador.

Las líneas de baja tensión en el sector usualmente están con cables antifraude y su vestida contiene los siguientes elementos: Poste de concreto de 8 m, Herrajería (percha de tres puestos, aislador de carrete, cinta Bandith y hebilla). Lo anterior, de acuerdo con lo estipulado en la normativa RETIE (Res. 9 0708 de 2013).

Este tipo de traslados consisten en la construcción de un nuevo apoyo (Poste en concreto), en un sector dentro de la zona de exclusión, de igual manera esta red es de paso y derivación por lo tanto se plantea la alternativa de realizar un traslado al nuevo predio a desarrollar.

Esta interferencia se presenta en una parte de la vía donde se realizará mejoramiento geométrico, por lo tanto, afecta la ubicación actual y obliga a un traslado, esta acción se desarrollara con el acompañamiento del operador de la red en el traslado proyectado.

* Interferencia AM2-IR-UF4-C1-EL-003 – Cemex

Esta interferencia consiste en un cruce aéreo con red de energía aérea de media tensión, que requiere en el momento de la construcción monitoreo constante de la red para evitar afectaciones a su integridad.

Para dicha supervisión se propone evaluar los equipos que realizarán los trabajos en la zona, para evitar desestabilizar la base de la torre, además de evitar acercamientos con las líneas, que podría llevar a accidentes eléctricos en obra.

Por otra parte, se debe revisar con el dueño de la red realizar una protección tipo muro de contención, debido a la cercanía de la torre con el movimiento de tierra requerido para la construcción de la calzada.

* Interferencia AM2-IR-UF4-C1-EL-004– EPM

Interferencia consiste en un cruce de red aérea de baja tensión, que involucra el traslado de dos potes metálicos de 10m de altura y un poste de madera de las mismas dimensiones.

Las líneas de baja tensión en el sector usualmente están con cables antifraude y su vestida contiene los siguientes elementos: Poste de madera de 10m, postes metálicos de 10m, Herrajería (percha de tres puestos, aislador de carrete, cinta Bandith y hebilla). Lo anterior, de acuerdo con lo estipulado en la normativa RETIE (Res. 9 0708 de 2013).

Este tipo de traslados consisten en la construcción de un nuevo apoyo (Poste en concreto), en un sector dentro de la zona de exclusión, de igual manera esta red es de paso y derivación por lo tanto se plantea la alternativa de realizar un traslado al nuevo predio a desarrollar.

Esta interferencia se presenta en una parte de la vía donde se realizará construcción nueva, por lo tanto, afecta la ubicación actual y obliga a un traslado, esto se realizará previa aprobación del operador y acompañamiento con el mismo

##### Datos, telefonía e internet

Para la UF4 Variante, las interferencias de telecomunicaciones presentadas, pertenecen a la empresa Edatel, y consisten principalmente en tendido de fibra óptica en postes pertenecientes a EPM. Esta interferencia de telecomunicaciones, se encuentran en postes que deben ser trasladados y que fueron contemplados en la descripción de interferencias eléctricas .

A continuación, se relacionan las abscisas de cruce con la infraestructura de la empresa EDATEL, la cual presta el servicio de datos, telefonía e internet. (Ver Tabla 3‑40)

Tabla ‑ Cruces con redes de datos, telefonía e internet

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Número de interferencia | Tipología | Operador | Abscisa | |
| Inicio | Final |
| **AM2-IR-UF4-C1-TL-001** | Paralelismo de fibra óptica existente | Edatel | 0+016 a 0+184 | 0+184 |

Fuente: (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

###### Criterios para montaje de fibra óptica

Las fibras encontradas en el proyecto, se pueden categorizar en:

1. Fibra Auto soportada (ADSS), la cual tiene atado a ella, un cable mensajero, al cual se le puede dar tensión, para templarla entre vanos.
2. Fibra para ser devanada o cosida sobre un cable mensajero.

* El método de instalación, se hará según lo estipulado en la norma ANSI/IEEE STD 524-1980 “IEEE Guide to the Installation of Overhead Transmission Line Conductors”
* Los cables ADSS se diseñan para elongarse bajo cargas de viento o hielo, el control de esta elongación lo ejercen las fibras de Aramida integradas al cable, a mayor tensión, tiene que haber más Aramida.
* Cada fabricante especifica las tolerancias de fabricación para garantizar las características de su producto. Además de esto se deben tener en cuenta las longitudes de los vanos y las condiciones del sitio de Instalación.
* Se debe tener en cuenta las siguientes variables para la escogencia del cable de Fibra óptica: Longitud de los vanos, Precio, Herrajes de Soporte y Retención.
* Los herrajes de retención o referencia y de soporte o suspensión, se escogen dependiendo del diámetro del cable ADSS y la longitud del vano que van a soportar.
* Los herrajes de referencia se colocan dos unidades por poste de retención, en rutas donde hay cambios de dirección y/o existen vanos mayores a 100 m.
* El herraje de retención puede llevar o no unas varillas que se utilizan para vanos mayores a 100 m, si el vano es menor de 100m, se utiliza este herraje sin estas varillas.
* Los Amortiguadores de vibración (Stock Bridge) o contrapesos, se utilizan en vanos de más de 130 m o con presencia de vientos mayores a 30 km/h.
* Para el cable ADSS se debe referenciar cada 4 a 6 vanos, o en un cambio de dirección o cuando se va a pasar de Fibra aérea a canalizada.
* Empalmes

Cuando se requiera realizar empalmes, bien sea por derivación, por término de un carrete de cable, o para trasladar un tramo y el cable no alcanza, se debe dejar una reserva de cable extra para este propósito.

* Se deben dejar como mínimo 5m de cable extra para realizar un empalme, en tierra y evitar esfuerzos sobre la fibra.
* Las reservas de cable se deben dejar con una longitud de 10 a 20% de la longitud total de la ruta.
* Cuando los vanos con muy largos, es recomendable dejar un 5% de la longitud.
* Para montaje aéreo, en el sitio donde se deja la reserva, se debe montar un soporte en cruz para enrollar allí el cable de reserva, en postes que no contienen red de energía, este soport de puede colocar a 0.8 a 1.0 m desde la punta del poste hacia abajo.
* Se deben dejar cajas de empalme cada 4 a 5 km que es la longitud comercial que traen los carretes de Fibra.
* Criterios de Instalación de los postes

Teniendo en cuenta que sobre el trazado de la nueva vía se encuentran líneas de media tensión, se apoyarán, mientras sea posible, en estos las fibras.

Hay casos en los que es necesario instalar postes más altos para cruzar vías o para pasar por encima de intercambios viales.

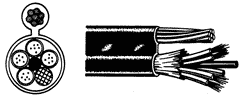
* Instalación de cables

Para el tendido de cables de fibra óptica aérea que sea cosida o devanada sobre un mensajero, se deben tener las mismas precauciones que se tienen al instalar cables telefónicos convencionales.

* No ocupar mucho espacio en la vía durante el montaje de la fibra.
* No colocar vehículos del montaje en contravía.
* Revisar el cable antes del montaje, con el fin de detectar daños en la cubierta que pueden haberse presentado en el transporte desde el fabricante.
* En lo posible no arrastrar el cable sobre el piso, para evitar daños por abrasión.
* Conservar los radios de curvatura recomendados por el fabricante.
* No se debe dejar pisar el cable por los vehículos.
* Replanteo

Antes de montar la fibra se debe realizar un replanteo del terreno para verificar las condiciones y los obstáculos que se tendrán durante el tendido de la fibra.

* Cuidados del cable
* El cable se debe enrollar en figuras en forma de 8, para evitar que se viole el radio mínimo de curvatura.



* El cable debe cumplir con los requerimientos del operador de red y la norma NTC 5881.
* Interferencia AM2-IR-UF4-C1-TL-001 – Edatel

Esta interferencia consiste en un paralelismo de fibra óptica, apoyada en cinco postes de concreto de 8m de altura, que ya fueron contemplados en los traslados eléctricos.

Esta red, requiere de confirmación de datos técnicos por parte de Edatel, para conocer el tipo de fibra que contiene, además de la herrajería para la ubicación en los postes.

Esta interferencia requiere del traslado de los 5 postes de concreto, sin embargo, se debe contemplar la posibilidad de un acuerdo entre el concesionario y Edatel para prestar el servicio de uso de la infraestructura contractual de monoducto (posible expansión a tritubo).

##### Plan de Acción

El plan de actuación para la liberación de las interferencias presentadas en el área de influencia del proyecto “Construcción de la Variante Puerto Berrio”, corresponde a las actividades y proceso constructivo típico para:

* Protección de tuberías mediante cárcamos.
* Hincado de postes.
* Desmonte de líneas.
* Tendido de red de baja tensión y media tensión.
* Tendido de fibra óptica.
* Desmonte y montaje de trasnformadores

Estas actividades de liberación requieren del acompañamiento de personal perteneciente a cada una de las empresas operadoras, para que se realice el monitoreo de sus redes, y la supervisión para el aseguramiento de su integridad:

A continuación, se presenta la descripción de estos procesos constructivos:

###### Protección de tubería con cárcamo

* Excavación para auscultación: se requiere una excavación a manera de apique con fin de evidenciar el estado y verificar la profundidad de la tubería.
* Sondeo con barreno: se realiza una excavación por medio de barreno, a una profundidad máxima de 2 metros, con el fin de realizar la revisión al suelo de soporte de la tubería.
* Excavación: se realiza la remoción del material necesario. Esta excavación se hará a un metro de profundidad aproximadamente.
* Armado de formaleta: consiste en la organización y unión de las piezas de la formaleta para la construcción del cárcamo. Se recuerda que, para esta tubería, las dimensiones del cárcamo variarán dependiendo del diámetro de la tubería a proteger.
* Colocación del refuerzo: se ubica y amarra el acero de refuerzo que conformará el cárcamo.
* Fundición del concreto: se coloca el concreto de 3500 psi, se vibra y realizan todas las actividades de rigor propias de la colocación del concreto. Se recalca que el espesor de la pared del cárcamo debe ser de 0,2 metros. (ver Figura 3.45)

|  |
| --- |
|  |

Figura . Cárcamo con la tubería

Fuente: (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

* Relleno del cárcamo: consiste en la colocación de arena dentro del cárcamo, con el fin de liberar la tensión producida por los movimientos típicos de la tubería.

###### Hincado de postes

* Replanteo: identificar en campo el tipo de suelo presente del sitio, con lo cual se escoge el dimensionamiento de la columna.
* Realizar la excavación para cimentar el poste. Esta se puede hacer de manera manual o con equipo mecánico, según el tipo de suelo.
* Verificar que la excavación tenga las dimensiones correspondientes, en cuanto a la profundidad y ancho.
* Realizar la mezcla de concreto, en caso de ser una cimentación autosoportada o suelo muy blando. Este procedimiento se puede hacer de manera manual, debido a los bajos volúmenes de concreto.
* Llenar de concreto (20 cm) el fondo del hueco y dejar que endurezca, aproximadamente por una hora, hasta que soporte el peso del poste.
* Colocar el poste y aplomarlo en su posición definitiva.
* Completar de llenar con concreto el espacio que queda dentro del hoyo.
* Esperar hasta que el concreto este suficientemente duro antes de tensar los conductores (mínimo 1 día). Si son varios postes se recomienda hacer primero todas las fundaciones y luego izarlos.

###### Desmonte de líneas

* Determinar entre que postes se programa el retiro de la línea.
* Verificar la ausencia de tensión.
* Se debe realizar la puesta a tierra temporal del tramo a retirar.
* En los postes deberá de estar montado 1 oficial, para realizar el retiro de los amarres existentes en la línea.
* Los ayudantes recogen el cable en carretes.
* Antes de reconectar el servicio, se debe verificar que no haya personal subido en las estructuras o postes de la red a energizar.
* Realizar reintegro de material con la entidad prestadora del servicio.
* Montaje de líneas primarias trifásicas de 34.5 y 13.2 kV
* Antes de comenzar la riega del cable, se verifican que todas las estructuras estén debidamente instaladas y alineadas, también se debe verificar si las vestidas de los postes estén puestas correctamente según los diseños y la norma del operador local que les corresponda; que los postes en los cuales se va a ejecutar la templa, tengan sus respectivas retenidas, que se tengan las instaladas las mallas de tierra de cada estructura y que todo el equipo y material esté en la disposición requerida.
* En cada poste por donde va la línea se sube un oficial con la ayuda de un par de cinchos y todo su equipo de seguridad. Su función inicial es ayudar a correr la línea sin tropiezos.
* El carrete se monta sobre una rola o gatos y se ubica en uno de los extremos de la red.
* En todos los postes deberá de estar montado 1 oficial, la riega se hace a mano con una manila amarrada a la punta del cable y halada por 1 oficial y 2 ayudantes.
* Una vez se realice el temple de la línea con la verificación de flecha se debe amarrar los conductores a los aisladores, la verificación de todos los materiales con respecto al diseño que cumplan con lo requerido.
* Se debe realizar un buen manejo de los materiales, verificar la limpieza de la franja y de la instalación.
* Verificar que se hayan retirado todas las conexiones de tierra antes de energizar.
* Antes de reconectar el servicio, se debe verificar que no haya personal subido en las estructuras o postes de la red a energizar.
* Montaje de líneas primarias monofásicas y baja tensión abierta
* Revisar cuidadosamente que todas las vestidas del tramo estén concluidas, así mismo los postes terminales y en referencia tengan los vientos adecuadamente montados y puestas a tierra instaladas.
* El carrete se monta sobre una rola o gatos y se ubica en uno de los extremos de la red.
* En todos los postes deberá de estar montado 1 oficial, la riega se hace a mano con una manila amarrada a la punta del cable y halada por 1 oficial y 2 ayudantes.
* El cable se pasa de poste en poste por los aisladores de las vestidas, cuando las puntas llegan al extremo final se amarra del herraje del poste, en el otro extremo un oficial ancla la línea con una agarradora y una chicharra y va tensando con la ayuda visual del coordinador, ubicado en el medio del vano más largo y le indica el punto donde debe quedar listo y se procede al grapado.
* Antes de reconectar el servicio, se debe verificar que no haya personal subido en las estructuras o postes de la red a energizar.
* Montaje y desmontaje de trasformadores
* El oficial debe revisar las perforaciones donde irán los herrajes de fijación de caja, pararrayo y transformador en el poste, estos se identifican teniendo en cuenta la norma.
* Se debe utilizar una manila para subir la caja y el pararrayo.
* Se debe pernar al poste en uno de estos pernos, se estroba una manila (estrobo de 4 vueltas) con el fin de fijar un extremo del aparejo triple.
* En el transformador se debe colocar un estrobo en las orejas diseñadas para tal fin.
* En el estrobo se coloca el otro extremo del aparejo.
* Se instala una manila abrazando la parte intermedia del transformador para que un ayudante lo vaya retirando del poste mientras los otros dos ayudantes lo suben con el aparejo.
* Una vez este a la altura de la perforación indicada por la norma el oficial procederá a pernar.
* Se instalará la puesta a tierra según las normas del operador local de la red y las exigencias del RETIE.
* El oficial hará los puentes entre pararrayos y caja, y entre caja y línea en alambre de cobre No. 6, como lo indica la norma.
* Construcción de torres de transmisión de energía eléctrica
* Excavación: se realiza el movimiento de tierras pertinente para la construcción de la cimentación de la nueva torre de energía.
* Cimentación: de acuerdo a los estudios de Suelos, se construye la cimentación, que generalmente consiste en pilotes que se hincan con las medidas y profundidades solicitadas.
* Montaje y armado de torre auto soportada:consiste en armar e instalar la torre en el sitio elegido y dejarla preparadas para el tendido y tensionado de los cables. Una vez nivelada la base y construida la cimentación se puede continuar con el armado y montaje de los cuerpos superiores.
* La señalización de líneas de transmisión para inspección aérea y terrestre e instalación de placas de numeración y de peligro que comprende la estructura, se realizarán de acuerdo con los planos de detalle del proyecto, utilizando el método constructivo que garantice que no se dañe algún elemento de la estructura.
* Sistema de tierras: consiste en la instalación de antenas y contra antenas de alambre de diámetro mínimo, las cuales estarán conectadas a las estructuras con los conectores del tipo fundido o mecánicos apropiados. Los electrodos de tierra serán hincados en los extremos del alambre para reducir la resistencia del sistema de tierras, los cuales no deben ser mayores a 10 Ohms, medidos durante la temporada de estiaje o secas.
* Corrección del sistema de tierras: Consiste en adicionar el número de varillas necesarias cuando la medición de tierras resulta mayor a 10 ohm; se van adicionando de una a una y midiendo cada vez hasta dejar un valor de resistencia aceptable según los parámetros técnicos correspondientes.
* Vestido de estructuras: consiste en colocar en los lugares respectivos los aisladores y sus accesorios en general, de acuerdo con lo indicado en los planos de detalle del proyecto.
* Tendido y tensionado del cable de guarda con y sin fibra óptica: Consiste en colocar el cable y posteriormente tensionarlo para dejarlo a una altura determinada del suelo así como la colocación de los herrajes y adaptaciones necesarias en los extremos superiores de las estructuras.En el cable de guarda con y sin fibras ópticas integradas se instalarán dispositivos señalizadores para prevenir la colisión de las aves, estos dispositivos son comúnmente denominados desviadores de vuelo.
* Tendido y tensionado del cable conductor: consiste en la colocación definitiva de los herrajes de sujeción correspondientes y sus accesorios para sujetarlos a las cadenas de aisladores, la instalación de separadores y amortiguadores cuando se indiquen y la instalación de los empalmes de tramos de cable conductor y la instalación de puentes y remates en las estructuras que lo requieran.

###### Traslado de fibra óptica

* Se deben tener en cuenta las derivaciones que tienen un tramo antes de su traslado.
* Coordinar a ventana de mantenimiento con los operadores de red, así como con los usuarios que se afectan por un corte en el servicio.
* Al inicio del contrato de deben conseguir 4 carretes de cable de fibra, los cuales tienen en promedio 4000 m de longitud cada uno.
* Los postes donde se trasladará la fibra deben estar hincados y listos para colocar en ellos los herrajes para cada uno de los operadores de red.
* Se hace el montaje de la fibra, en los postes nuevos.
* Se Solicitan las ventanas de mantenimiento por cada operador.
* Se realizan los empalmes rectos en cada una de las puntas terminales y los empalmes en derivación.
* Con el cable recuperado, se programan los próximos 4 Km, hasta terminar la intervención.
* Las derivaciones también se pueden adelantar en el cable nuevo. Antes de solicitar la ventana de mantenimiento.
* Tendido de fibra óptica

La fibra óptica es un medio de gran capacidad de transmisión de señales, con calidades y características que pueden degradarse cuando se somete a excesiva tensión de halado, doblados forzados y fuerzas de compresión. El número de empalmes en una ruta de cable de fibra óptica debe ser minimizado para disminuir las pérdidas de transmisión.

Debe tenerse especial cuidado para evitar daños del cable durante su manejo e instalación. El cable de fibra óptica es sensible a tensiones de halado, doblado y fuerzas de compresión excesivas.

Cualquier daño puede alterar sus características hasta llegar al caso de que la sección del cable deba ser reemplazada. Deben consultarse las especificaciones dadas por el fabricante.

* Cruces entre mensajero (Cruce americano): En rutas de cables devanados o enchapetados con una o dos derivaciones, el cable de suspensión correspondiente al cable lateral se debe prolongar hasta un poste final, ubicado en sentido contrario al que sigue el mencionado cable, donde se debe hacer la retención final; Para cables autosoportados, el cable de suspensión lateral se debe prolongar hasta el poste final, uniéndolo a un trozo adicional de cable de suspensión o mensajero mediante una grapa de suspensión, perro o amarre, el mismo que debe ser empleado para unir los cables de suspensión del cable autosoportado principal.
* En casos de cables laterales no pesados o de baja capacidad (10 a 50 pares) se puede prescindir de la retención final en el poste final, para lo cual será necesario que la sección de cable lateral entre la derivación y el poste intermedio sea colocada con tensión reducida (tramo flojo), y se le implemente retención final. No se permite ubicar los empalmes de cables en lugar próximo al punto de derivación, sino que se debe realizar con una distancia de separación al poste de 45 cm (lado de la central). Esto con el fin de evitar trabajar a las empalmadoras sobre el cruce, tarea peligrosa e incómoda, aun cuando con este método se deba emplear mayor longitud de cables. En todos los casos, se utilizará cable mensajero de 1/4" de diámetro y 1 ½ toneladas de tensión de trabajo (3 toneladas de tensión de ruptura), para contrarrestar efectos de influencias eléctricas externas, los cables mensajeros deberán conectarse a tierra de acuerdo con lo descrito en el sistema de protección a tierra.

### Insumos del proyecto

#### Materiales de construcción

Los materiales de construcción necesarios para el desarrollo del proyecto y producción en las plantas se relacionan en la Tabla 3‑33, donde se especifican las cantidades necesarios de arena, gravilla, grava, cemento y agua necesarias para la producción de 1000 m3/día y 1000 ton/día para la planta de concreto y asfalto respectivamente. De igual manera en anexo Capítulo 3, /3.2.4 Insumos del proyecto se encuentran las hojas de seguridad de algunos de estos materiales.

A continuación, la Tabla 3‑41 muestra las necesidades me materiales de construcción proyectados para el desarrollo del proyecto “Construcción de la Variante Puerto Berrío”

Tabla ‑ Mediciones firmes y hormigones para el proyecto

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Material | Ud med. | Variante |
| Base | m3 | 40.126,20 |
| Subbase | m3 | 40.040,40 |
| Concreto | m3 | 54.594,00 |
| Mezcla asfáltica | Tm | 40.040,40 |
| Arenas | m3 | 30.572,64 |

Fuente Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

A medida que se desarrolla el proyecto, en los informes de cumplimiento ambiental –ICA, se relacionaran el consumo de material utilizado para el desarrollo del proyecto.

#### Materiales y productos como combustibles, aceites, grasas, disolventes, entre otros.

##### Combustible

El combustible utilizado para el desarrollo del proyecto será el Aceite Combustible Para Motores (ACPM) el cual es una mezcla de hidrocarburos que se obtiene por destilación fraccionada del petróleo, es utilizado para los motores de combustión interna tipo Diesel o motores térmicos.

Para el funcionamiento de la maquinaria, plantas, equipos de generación de energía y vehículos para la movilización de maquinaria, materiales, equipos y personal se proyecta utilizar un total de 30 millones de l/día, los cuales se distribuirán en los diferentes frentes de obra mediante el uso de un carro cisterna con surtidor.

Debido a que el ACPM es un líquido inflamable, no se realizará almacenamiento temporal dentro de los frentes de obra y plantas de procesos, estos serán abastecidos por medio de los carros cisternas con surtidor de capacidad no mayor a 10000 litros teniendo en cuenta las medidas establecidas en las hoja de seguridad del combustible Anexo Capítulo 3/Numeral 3.2.4

El abastecimiento de combustible a la maquinaria en los frentes de obra y plantas de procesos se realizará a través de los carros cisterna con surtidor propiedad del proveedor del servicio, al cual se realizará seguimiento de seguridad, revisión de la licencia de transporte de sustancias peligrosas expedida por el ministerio de transporte, y porte los elementos de seguridad definidos para el transporte de sustancias químicas como se nombra en el capítulo 11.1.3 del presente estudio.

Al momento del abastecimiento el carro cisterna deberá permanecer con el freno de seguridad y debidamente obstaculizado con el fin de evitar la movilización indeseada, el motor apagado pero el conductor debe encontrarse cerca de el con el fin de evacuar el carro en caso de emergencia.

Se deberá asegurar que las conexiones, estén en buen estado sin presencia de fugas de combustible, y el medidor debe dar el valor suministrado de combustible en litro o galones, de esto se debe llevar un registro en campo por unidad (máquina, vehículo, generador, planta) con el fin de poder calcular el consumo de combustible al mes.

##### Acetites, grasas, entre otros

Los aceites, grasas u otras sustancias o elementos que puedan ser utilizadas para el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria y equipo se realizará por medio de terceros autorizados, los cuales prestarán el servicio de mantenimiento y serán los encargados de presentar el insumo de los productos necesarios para su mantenimiento, así como el uso seguro de los mismos y su disposición final, como residuos peligrosos, aportando las hojas de seguridad y fichas técnicas de los repuestos utilizados con el fin de anexarla a la ficha técnica de cada máquina, vehículo o planta. Algunas hojas de seguridad de estos productos se encuentran en el Anexo Capítulo3, Numeral 3.2.4

#### Insumos procesados como concreto hidráulico, concreto asfáltico, prefabricado y triturados, entre otros.

Los insumos procesados como concreto hidráulico, concreto asfaltico y prefabricados se producirán en las plantas de proceso dependiendo de las necesidades del proyecto, por tal motivo no se relacionan en este numeral.

#### Explosivos

Para la ejecución de las actividades y obras propuestas en el proyecto “Construcción, Variante Puerto Berrío” No se considera la necesidad de utilizar voladuras y/o explosivos u otro material similar en la construcción

#### Material sobrante

A continuación, la Tabla 3‑42 presenta un resumen del balance de masas, calculado para el desarrollo del proyecto “Construcción de la Variante Puerto Berrio”. Este balance de masas se encuentra a detalle en el Anexo Capítulo 3. Numeral 3.2.3. Las cantidades descritas a continuación hacen referencia al material depositado en las ZODME proyectadas.

Tabla 3‑42 Balance de masas para el desarrollo del proyecto UF1

| OBRA/ACTIVIDAD | Total m3 |
| --- | --- |
| **EXCAVACION TÚNEL** | 0,00 |
| **MATERIAL DE DESCAPOTE, i/1 Km ACARREO** | 115.200,2 |
| **MATERIAL COMUN DE LA EXPLANCIÓN Y CANALES, i/1 Km ACARREO** | 741.045,20 |
| **TERRAPLÉN CON MATERIAL DE LA EXPLANACION** | 389.048,73 |
| **TERRAPLÉN CON MATERIAL DE PRESTAMO** | 331.928,37 |
| **EXCAVACION DE MATERIAL INADECUADO, i/1Km ACARREO** | 28.018,70 |
| **PEDRAPLEN CON MATERIAL DE PRESTAMO** | 28.018,70 |
| **MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO UNICAMENTE MATERIAL ADICIONADO** | 115.637,30 |
| **MATERIAL DE ZODME**  (DESCAPOTE+50% DEL MATERIAL DE EXCAVACION+INADECUADO) | 539.428,58 |
| **MATERIAL DE ZODME + PEDRAPEL** | 567.447,28 |
| **NECESIDADES ZODME REVISADAS ALZA POR OBRAS AUXILIARES** | 624,192 |
| **VOLUMEN A ZODME** | 624,192 |
| **Volumen total de los ZODME** | 681.086,87 |
| **REDUCCION DE LA CAPACIDAD DEL ZODME EN 5% POR CONDICIONES GEOTECNICAS** | 647.032,53 |
| **Volumen Total de los Zodmes con Perdida** | 647.032,53 |

Fuente Autopista Río Magdalena S.A.S, 2016

### Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación y de construcción y demolición a nivel de factibilidad

Para la ejecución del proyecto “Construcción Variante Puerto Berrío” se realizará la disposición de material sobrante de excavación de construcción en cuatro (4) Zonas de Manejo de Escombros (ZODME) las cuales las cuales fueron identificadas mediante planos, fotografías aéreas y visitas de campo, adicionalmente la ubicación de las ZODME son establecidas de tal manera que permitan una disminución del trayecto y del tiempo empleado para el acarreo del material no reutilizable producto de las excavaciones o cortes generados en la obra, así como, para la disposición de escombros provenientes de las demoliciones a que haya lugar. La Tabla 3‑43 presenta los sitios seleccionados como ZODME en donde se llevará a cabo el manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación y de construcción y demolición

Tabla 3‑43 Descripción general de las ZODME

| ZODME | Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá punto central | | Área (m2) | Altura (m) | Volumen (m3) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Este** | **Norte** |
| ZODME 1 | 976324 | 1209539 | 233,368.253 | 12 | 37.508.21 |
| ZODME 4 | 969352 | 1210239 | 22,219.794 | 13 | 182,342.42 |
| ZODME 9 | 959465 | 1209673 | 40,662.739 | 12 | 289.631.44 |
| ZODME 10 | 958529 | 1209233 | 8,180.99 | 10 | 51.359.11 |

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

A continuación, se describen cada uno de las ZODME necesarias para el desarrollo del proyecto.

#### 3.2.5.1 ZODME 1

El ZODME 1 se encuentra ubicado en la vereda San juan en el Municipio de Cimitarra en el departamento de Santander. A continuación, se describen sus características técnicas.

##### Caracterización Geotécnica de Materiales

Para la caracterización geotécnica de los materiales se revisaron los resultados de las perforaciones cercanas al sitio de la ZODME 1. Los datos de las perforaciones fueron procesados con el fin de obtener la estratigrafía y las propiedades mecánicas de los materiales disponibles.

Se ha detectado que los suelos tropicales la humedad afecta sensiblemente su resistencia al corte. Se observa en ocasiones disminución de hasta el 50% de la cohesión y 30% del Angulo de fricción por el proceso de saturación (Foss. 1973).

Tabla 3‑44 Características de Cohesión y Angulo de fricción del suelo

| **Tipo De Residuo** | **c (kN/m2)** | **Φ(kN/m2)** |
| --- | --- | --- |
| Suelo Aluvial Arenoso | 34 | 30 |
| Arcilla Limosa | 66 | 25 |
| Arena Arcilla | 40 | 33 |
| Relleno | 15 | 21 |

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Con el fin de determinar la altura máxima de relleno se realizó un análisis de capacidad portante, donde se utiliza la siguiente expresión.

Ecuación 3‑1

Dónde:

C: Cohesión deposito aluviales

q: Esfuerzo efectivo a nivel de fundación

γ: Peso específico del suelo

: Factores de forma

Factores de profundidad

Factores de corrección por inclinación del terreno

Factores de capacidad de carga

De acuerdo con la Ecuación 3‑1, empleando un ancho de cimentación de 223m x 111m (dimensiones en planta del ZODME) y considerando una inclinación de la superficie del terreno de 31° se obtienen las capacidades portantes y alturas máximas mediante la Ecuación 3‑2, los resultados de esta se muestran en la que se muestran a continuación

Ecuación 3‑2

Tabla 3‑45 Capacidad portante y altura máxima de las ZODME

| **Factor de seguridad** | **Capacidad Portante (kPa))** | **Altura Máxima de relleno(m)** |
| --- | --- | --- |
| 1.5 | 627.06 | 33.0 |
| 2 | 470.29 | 24.8 |
| 3 | 313.53 | 16.5 |

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Estas alturas de relleno son viables siempre y cuando se garanticen un adecuado drenaje del agua sub-superficial. Teniendo en cuenta los resultados para garantizar condiciones de seguridad adecuadas se recomienda no exceder una altura de relleno de 16m que garantiza un factor de seguridad de 3.0. Para la ZODME 1 se recomienda utilizar una altura de 12m.

Para el análisis dinámico se utilizó la norma NRS-10, en donde se establece que el área de estudio corresponde a una zona de amenaza sísmica alta, PGA = 0.15g, así esta norma establece en el Título H los coeficientes de diseño sísmico para análisis seudoestático en taludes, el cual debe ser igual o menor al PGA, este coeficiente depende del tipo de material. Para suelos, enrocados y macizos rocosos muy fracturados (RQD < 50%) usar un 80% del PGA y para macizos rocosos (RQD > 50%) usar el 100% del PGA. Para el análisis de tomó un valor igual al 80% del PGA, es decir, un PGA = 0.12. El análisis de estabilidad del portal se efectuó empleando el método del equilibrio límite, de la forma de Bishop Simplificado, Morgenstern-Price y Spencer, para lo cual se utilizó el programa Slide 6.0.

Por otra parte, para establecer la influencia del nivel freático se varió la altura del agua, en este caso, desde la superficie hasta el contacto del coluvión con la roca, lo cual se considera conservador dado que en la mayoría de las perforaciones no se registró nivel freático. Finalmente, se presenta una figura que presenta la variación del factor de seguridad con la posición del nivel freático, esta se pude observar en los planos generales del diseño de la ZODME 1, la cual se encuentran en el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.5

##### Requerimientos para la construcción y operación de la ZODME 1

La construcción y operación de la ZODME 1 puede incluir las siguientes actividades:

* Descapotar previamente en un espesor mínimo de 0,20 a 0,50 m para retirar la capa vegetal. Los materiales de descapote se acordonarán en el borde de la zona de botadero. Los materiales de desecho se irán extendiendo en el área ya preparada, en capas de espesor suelto entre 0,40 -0,50m, y apisonadas pasando varias veces el bulldozer, hasta conformar terrazas entre 5 y 6m.
* Los taludes finales la ZODME 1 quedarán conformados con una pendiente 1.5H: 1V, o la recomendada según las características de los materiales. Cada vez que se ascienda por lo menos 5 m en cota con los materiales depositados deben construirse bermas de 2m de ancho con una pendiente del 2% para garantizar que el agua que cae sobre las mismas sea dirigida hacia las cunetas. Cuando se requiera suspender la colocación de materiales, se deberán proteger en el menor tiempo posible las zonas desprovistas del relleno.

###### Obras para el manejo de los drenajes en ZODME

Terminada la colocación del material, se construirán canales interceptores en la corona del depósito y a lo largo del mismo. Los descoles de estos drenajes se deberán llevar hasta los canales naturales o niveles base; no hay una altura final estándar, ya que esta variable depende de múltiples factores entre los cuales se cuenta la estabilidad, que también es función de las obras que se hayan realizado para evitar que el ZODME colapse. Lo importante es tener en cuenta que el depósito no debe ser sobrecargado, pues de lo contrario se corre el riesgo de generar inestabilidades.

El manejo de aguas de escorrentía se debe hacer por medio de estructuras hidráulicas como cunetas, canales, estructuras de caída entre otras. Las siguientes figuras muestran la sección típica de las estructuras hidráulicas que se recomienda ser implementada en el manejo de aguas de escorrentía.

Las obras de manejo de drenajes y escorrentías, se encuentran en los planos de detalle de la ZODME 1, en el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.5. A continuación en la Figura 3.46 y la Figura 3.47 muestra alguna de las estructuras para meneo de drenajes y escorrentía para la ZODME 1

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.46 Esquema general en perfiles- Ubicación cuneta saco suelo - cemento

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.47 Sección de cuneta en saco suelo- cemento en bermas intermedias

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes como la parte superior del ZODME, se propone construir canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas, entregándolas generalmente a las cunetas. Las características de este se muestran en el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.5.

Para la ZODME 1 es necesario realizar una zanja drenante, debido a la necesidad realizar el manejo de agua generado por un descole de la vía existente, esta zanja cumple la función de drenar dicha agua al cauce más cercano, protegiendo su cauce normal y de esta manera evitar algún obstáculo. Las características de diseño de esta obra se encuentran en el anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.5

##### Volumen de almacenamiento ZODME 1

De acuerdo con las consideraciones tomadas anteriormente se utilizó el Software Civil 3D calculando el volumen de almacenamiento para la ZODME 1 propuesta, la muestra el modelamiento en el programa Civil 3D, la Tabla 3‑46 muestra los resultados obtenidos del modelamiento para la ZODME 1:

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.48 Vista frontal ZODME 1

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Tabla 3‑46 Características de la ZODME 1

| **ZODME** | **Área (m2)** | **Altura (m)** | **Capacidad (m3)** |
| --- | --- | --- | --- |
| ZODME 1 | 23368.253 | 12 | 37.508,21 |

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

La Figura 3.49 Vista ZODME 1Figura 3.49 muestra el plano general para la ZODME 1, el cual se puede ver a detalle en el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.5

##### Uso Final

Para el abandono y cierre final del ZODME 1, se proyecta realizar la estabilización y empradización del mismo con pastos, su uso final dependerá del propietario del predio, lo cual quedara consignado en el acta de apertura del ZODME y se entregaran en los Informes de Cumplimiento Ambienta –ICA, al momento de realizar el inicio de actividades en este ZODME.

|  |
| --- |
| G:\IMAGENES\PDF_ZODME\UF4-1\UF4-1_001.jpg |

Figura 3.49 Vista ZODME 1

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

#### 3.2.5.2 ZODME 4

La ZODME 4 se ubica en la vereda Puerto Olaya, en el municipio de Cimitarra en el departamento de Santander, a continuación se describe las características técnicas de la ZODME 4

##### Características geotécnicas de materiales

Pala la característica geotécnica de los materiales se revisaron los resultados de las perforaciones realizadas en la ZODME 4

Teniendo en cuenta la Tabla 3‑44, y aplicando la Ecuación 3‑1 y la Ecuación 3‑2 considerando una inclinación de la superficie del terreno de 31° se obtiene las capacidades portantes y alturas máximas de la Tabla 3‑45 se puede afirmar que:

La altura recomendada para el ZODME 4 es de 13.0m, esta alturas de relleno únicamente son válidas si se garantiza un adecuado drenaje del agua subsuperficial y superficial. Teniendo en cuenta los resultados para garantizar condiciones de seguridad adecuadas se recomienda no exceder una altura de relleno de 16m que garantiza un factor de seguridad de 3.0.

##### Requerimientos para la construcción y operación de la ZODME 4

Para la construcción y operación del ZODME 4 de deben incluir las siguientes actividades:

* Descapotar previamente en un espesor mínimo de 0,20 a 0,50 m para retirar la capa vegetal. Los materiales de descapote se acordonarán en el borde de la zona de botadero. Los materiales de desecho se irán extendiendo en el área ya preparada, en capas de espesor suelto entre 0,40 -0,50m, y apisonadas pasando varias veces el bulldozer, hasta conformar terrazas entre 5 y 6m.
* Los taludes finales del ZODME quedarán conformados con una pendiente 1H: 1V, o la recomendada según las características de los materiales. Cada vez que se ascienda por lo menos 5 m en cota con los materiales depositados deben construirse bermas de 2m de ancho con una pendiente del 2% para garantizar que el agua que cae sobre las mismas sea dirigida hacia las cunetas. Cuando se requiera suspender la colocación de materiales, se deberán proteger en el menor tiempo posible las zonas desprovistas del relleno.

##### Obras para el manejo de los drenajes.

Terminada la colocación del material, se construirán canales interceptores en la corona del depósito y a lo largo del mismo. Los descoles de estos drenajes se deberán llevar hasta los canales naturales o niveles base; no hay una altura final estándar, ya que esta variable depende de múltiples factores entre los cuales se cuenta la estabilidad, que también es función de las obras que se hayan realizado para evitar que la ZODME colapse. Lo importante es tener en cuenta que el depósito no debe ser sobrecargado, pues de lo contrario se corre el riesgo de generar inestabilidades.

El manejo de aguas de escorrentía se debe hacer por medio de estructuras hidráulicas como cunetas, canales, estructuras de caída entre otras. Las siguientes figuras muestran la sección típica de las estructuras hidráulicas que se recomienda ser implementada en el manejo de aguas de escorrentía. Algunas de las obras de drenaje a utilizar se observan en la Figura 3.46 y la Figura 3.47

En el Anexo 3, Capítulo 3.2.5, se presentan los diseños a detalle de la ZODME 4 y las obras para manejo de drenaje a utilizar.

Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes como la parte superior del ZODME, se propone construir canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas, entregándolas generalmente a las cunetas.

##### Volumen de almacenamiento del ZODME 4

De acuerdo con las consideraciones tomadas anteriormente se utilizó el Software Civil 3D calculando el volumen de almacenamiento para la ZODME 4 propuesta, la Tabla 3‑49 muestra los resultados obtenidos del modelamiento para la ZODME 4:

Tabla 3‑47 Características de la ZODME 4

| **ZODME** | **Área (m2)** | **Altura (m)** | **Capacidad (m3)** |
| --- | --- | --- | --- |
| ZODME 4 | 22.219.794 | 13 | 182342.52 |

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

La Figura 3.49 Vista ZODME 1Figura 3.50 muestra la vista general para la ZODME 1, el cual se puede ver a detalle en el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.5

##### Uso Final

Para el abandono y cierre final del ZODME 4, se proyecta realizar la estabilización y empradización del mismo con pastos, su uso final dependerá del propietario del predio, lo cual quedara consignado en el acta de apertura del ZODME y se entregaran en los Informes de Cumplimiento Ambienta –ICA, al momento de realizar el inicio de actividades en este ZODME

|  |
| --- |
| G:\IMAGENES\PDF_ZODME\UF4-4\UF4-4_001.jpg |

Figura 3.50 Vista ZODME 4

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

#### 3.2.5.3 ZODME 9

La ZODME 9 se ubica en la vereda el Jardín del municipio de Puerto Berrío en el departamento de Antioquia. A continuación se describe las características técnicas de la ZODME 9.

##### Características geotécnicas de materiales

Pala la característica geotécnica de los materiales se revisaron los resultados de las perforaciones realizadas en la ZODME 9

Teniendo en cuenta la Tabla 3‑44, y aplicando la Ecuación 3‑1 y la Ecuación 3‑2 considerando una inclinación de la superficie del terreno de 31° se obtiene las capacidades portantes y alturas máximas de la Tabla 3‑45 se puede afirmar que:

La altura recomendada para el ZODME 4 es de 12.0m, esta alturas de relleno únicamente son válidas si se garantiza un adecuado drenaje del agua subsuperficial y superficial. Teniendo en cuenta los resultados para garantizar condiciones de seguridad adecuadas se recomienda no exceder una altura de relleno de 16m que garantiza un factor de seguridad de 3.0.

##### Requerimientos para la construcción y operación de la ZODME 4

Para la construcción y operación del ZODME 9 de deben incluir las siguientes actividades:

* Descapotar previamente en un espesor mínimo de 0,20 a 0,50 m para retirar la capa vegetal. Los materiales de descapote se acordonarán en el borde de la zona de botadero. Los materiales de desecho se irán extendiendo en el área ya preparada, en capas de espesor suelto entre 0,40 -0,50m, y apisonadas pasando varias veces el bulldozer, hasta conformar terrazas entre 5 y 6m.
* Los taludes finales del ZODME quedarán conformados con una pendiente 1H: 1V, o la recomendada según las características de los materiales. Cada vez que se ascienda por lo menos 5 m en cota con los materiales depositados deben construirse bermas de 2m de ancho con una pendiente del 2% para garantizar que el agua que cae sobre las mismas sea dirigida hacia las cunetas. Cuando se requiera suspender la colocación de materiales, se deberán proteger en el menor tiempo posible las zonas desprovistas del relleno.

##### Obras para el manejo de los drenajes.

Terminada la colocación del material, se construirán canales interceptores en la corona del depósito y a lo largo del mismo. Los descoles de estos drenajes se deberán llevar hasta los canales naturales o niveles base; no hay una altura final estándar, ya que esta variable depende de múltiples factores entre los cuales se cuenta la estabilidad, que también es función de las obras que se hayan realizado para evitar que la ZODME colapse. Lo importante es tener en cuenta que el depósito no debe ser sobrecargado, pues de lo contrario se corre el riesgo de generar inestabilidades.

El manejo de aguas de escorrentía se debe hacer por medio de estructuras hidráulicas como cunetas, canales, estructuras de caída entre otras. Las siguientes figuras muestran la sección típica de las estructuras hidráulicas que se recomienda ser implementada en el manejo de aguas de escorrentía. Algunas de las obras de drenaje a utilizar se observan en la Figura 3.46 y la Figura 3.47

En el Anexo 3, Capítulo 3.2.5, se presentan los diseños a detalle de la ZODME 9 y las obras para manejo de drenaje a utilizar.

Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes como la parte superior del ZODME, se propone construir canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas, entregándolas generalmente a las cunetas.

##### Volumen de almacenamiento del ZODME 9

De acuerdo con las consideraciones tomadas anteriormente se utilizó el Software Civil 3D calculando el volumen de almacenamiento para la ZODME 9 propuesta, la Tabla 3‑49 muestra los resultados obtenidos del modelamiento para la ZODME 9:

Tabla 3‑48 Características de la ZODME 9

| **ZODME** | **Área (m2)** | **Altura (m)** | **Capacidad (m3)** |
| --- | --- | --- | --- |
| ZODME 9 | 40.662.739 | 12 | 289631.44 |

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

La Figura 3.49 Vista ZODME 1Figura 3.51 muestra la vista general para la ZODME 9, el cual se puede ver a detalle en el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.5

##### Uso Final

Para el abandono y cierre final del ZODME 9, se proyecta realizar la estabilización y empradización del mismo con pastos, su uso final dependerá del propietario del predio, lo cual quedara consignado en el acta de apertura del ZODME y se entregaran en los Informes de Cumplimiento Ambienta –ICA, al momento de realizar el inicio de actividades en este ZODME

|  |
| --- |
| G:\IMAGENES\PDF_ZODME\UF4-9\UF4-9_001.jpg |

Figura 3.51 Vista ZODME 9

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

#### 3.2.5.4 ZODME 10

La ZODME 10 se ubica en la vereda el Jardín, Las Flores en el municipio de Puerto Berrío en el departamento de Antioquia.

##### Características geotécnicas de materiales

Pala la característica geotécnica de los materiales se revisaron los resultados de las perforaciones realizadas en la ZODME 10.

Teniendo en cuenta la Tabla 3‑44, y aplicando la Ecuación 3‑1 y la Ecuación 3‑2 empleando un ancho de cimentación de 223 x 111m y considerando una inclinación de la superficie del terreno de 31° se obtiene las capacidades portantes y alturas máximas de la Tabla 3‑45 se puede afirmar que:

La altura recomendada para el ZODME 10 es de 10.0m, esta alturas de relleno únicamente son válidas si se garantiza un adecuado drenaje del agua subsuperficial y superficial. Teniendo en cuenta los resultados para garantizar condiciones de seguridad adecuadas se recomienda no exceder una altura de relleno de 16m que garantiza un factor de seguridad de 3.0.

##### Requerimientos para la construcción y operación de la ZODME 10

Para la construcción y operación del ZODME 10 de deben incluir las siguientes actividades:

* Descapotar previamente en un espesor mínimo de 0,20 a 0,50 m para retirar la capa vegetal. Los materiales de descapote se acordonarán en el borde de la zona de botadero. Los materiales de desecho se irán extendiendo en el área ya preparada, en capas de espesor suelto entre 0,40 -0,50m, y apisonadas pasando varias veces el bulldozer, hasta conformar terrazas entre 5 y 6m.
* Los taludes finales del ZODME quedarán conformados con una pendiente 1.5H: 1V, o la recomendada según las características de los materiales. Cada vez que se ascienda por lo menos 5 m en cota con los materiales depositados deben construirse bermas de 2m de ancho con una pendiente del 2% para garantizar que el agua que cae sobre las mismas sea dirigida hacia las cunetas. Cuando se requiera suspender la colocación de materiales, se deberán proteger en el menor tiempo posible las zonas desprovistas del relleno.

##### Obras para el manejo de los drenajes.

Terminada la colocación del material, se construirán canales interceptores en la corona del depósito y a lo largo del mismo. Los descoles de estos drenajes se deberán llevar hasta los canales naturales o niveles base; no hay una altura final estándar, ya que esta variable depende de múltiples factores entre los cuales se cuenta la estabilidad, que también es función de las obras que se hayan realizado para evitar que la ZODME colapse. Lo importante es tener en cuenta que el depósito no debe ser sobrecargado, pues de lo contrario se corre el riesgo de generar inestabilidades.

El manejo de aguas de escorrentía se debe hacer por medio de estructuras hidráulicas como cunetas, canales, estructuras de caída entre otras. Las siguientes figuras muestran la sección típica de las estructuras hidráulicas que se recomienda ser implementada en el manejo de aguas de escorrentía. Algunas de las obras de drenaje a utilizar se observan en la Figura 3.46 y la Figura 3.47

En el Anexo 3, Capítulo 3.2.5, se presentan los diseños a detalle de la ZODME 10 y las obras para manejo de drenaje a utilizar.

Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes como la parte superior del ZODME, se propone construir canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas, entregándolas generalmente a las cunetas.

Dada la existencia de una drenaje natural en la zona donde va ir localizado la ZODME 10 se debe construir una zanja drenante que permite canalizar el agua que corre por dicho drenaje para impedir que esta se infiltre hacia el ZODME y evitar que se generen problemas de inestabilidad por erosión en la pata del talud.

A continuación la Figura 3.52 muestra la sección de la zanha de drenaje para manejo de aguas del drenaje natural encontrado ene l área del ZODME10. En el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.5 se pueden observar el diseño a detalle de esta zanja.

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.52 Sección de zanjas drenaje para manejo de aguas drenaje natural

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

##### Volumen de almacenamiento del ZODME 10

De acuerdo con las consideraciones tomadas anteriormente se utilizó el Software Civil 3D calculando el volumen de almacenamiento para la ZODME 10 propuesta, la Figura 3.53 muestra el modelamiento en el programa Civil 3D, la Tabla 3‑49 muestra los resultados obtenidos del modelamiento para la ZODME 10:

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.53 Vista frontal ZODME 10

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Tabla 3‑49 Características de la ZODME 10

| **ZODME** | **Área (m2)** | **Altura (m)** | **Capacidad (m3)** |
| --- | --- | --- | --- |
| ZODME 10 | 8180,19 | 10 | 51350.11 |

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

La Figura 3.54 muestra la vista general para la ZODME 10, el cual se puede ver a detalle en el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.5

##### Uso Final

Para el abandono y cierre final del ZODME 10, se proyecta realizar la estabilización y empradización del mismo con pastos, su uso final dependerá del propietario del predio, lo cual quedara consignado en el acta de apertura del ZODME y se entregaran en los Informes de Cumplimiento Ambienta –ICA, al momento de realizar el inicio de actividades en este ZODME

|  |
| --- |
| G:\IMAGENES\PDF_ZODME\UF4-10\UF4-10_PLANTA_001.jpg |

Figura 3.54 Vista ZODME 10

Fuente: Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

### Residuos peligrosos y no peligrosos

A continuación se describe los tipos de residuos y cantidad que se pueden generar dentro de las actividades objeto del proyecto “Construcción Variante Puerto Berrío”, dando solución a su manejo, recolección y disposición final teniendo en cuenta el PGIRS del municipio de puerto Berrío. (Alcaldia Municipal de Puerto Berrío - Antioquial, 2005)

#### Clasificación de los residuos Generados.

##### Residuos No Peligrosos

###### Residuos Sólidos Orgánicos

Residuos caracterizados por su elevado volumen de producción y su gran impacto medioambiental, debido principalmente a su alto contenido de materia orgánica inestable e inmadura, minerales, fitotoxinas, patógenos vegetales, entre otros, encontrándose los restos de alimentos, cáscaras de alimentos, frutas y verduras en descomposición y grasas animales.

Se almacenarán en bolsas negras (preferiblemente usando doble bolsa) dentro de canecas de plástico debidamente cubiertas y marcadas.

###### Residuos Sólidos Reciclables

Son residuos que por sus características pueden ser reincorporados a diferentes procesos productivos como materia prima o pueden ser reutilizados (sin transformarse) para otras actividades.

Están representados principalmente por plásticos, papel, cartón, madera no contaminada, envases de vidrio, latas de aluminio y otros metales.

La separación de estos materiales se realizará en la fuente mediante la utilización de canecas de colores debidamente identificadas, las cuales contarán con su bolsa de color gris (materiales como papel, cartón, periódico y similares), azul (materiales plásticos como propileno, polietileno, bolsas, garrafas, etc.,) y blanca (materiales de vidrio y metal).

Se colocaran varias estaciones de separación de residuos en sitios estratégicos dentro de las áreas del campamento, frentes de obra, plantas de asfalto, prefabricados y triturados.

###### No Reciclables

Estos residuos se caracterizan por no tener valor dentro de procesos productivos o su transformación tiene costos económicos o ambientales superiores al de disposición final.

Entre estos se encuentran los papeles sanitarios, icopor, algunos plásticos, papel y cartón impregnados de otros residuos, bolsas de alimentos, servilletas, toallas de papel, entre otros.

Estos residuos serán separados en la fuente dentro de la caneca de color verde y luego recolectados para su posterior disposición.

##### Residuos especiales y peligrosos

###### Especiales y Peligrosos

Son aquellos que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas pueden causar riesgo o daño a la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos (Decreto 4741 de 2005).

En el anexo Capítulo 3 (3.2.6), se encuentra la tabla de las empresas autorizadas para la disposición de residuos, solidos peligrosos y no peligrosos.

#### Estimación de los residuos generados.

Durante la fase de construcción la generación de residuos proviene principalmente de las áreas de campamento habitacionales, plantas y frentes de obra. A continuación se realiza la estimación de residuos sólidos para el proyecto “Construcción Variante Puerto Berrío”

##### Residuos domésticos (No Peligrosos)

Para estimar la cantidad de residuos domésticos generados en los picos máximos de obra, donde se proyecta una población en obra de 200 trabajadores, se tiene en cuenta lo establecido en el RAS en su título F (Tabla F.1.1) donde establece una producción promedio (per-capital) de residuos domésticos para para un nivel de complejidad bajo (< 2500 hab) de 0.45 kg/hab-dia. De acuerdo con lo anterior, en la Tabla 3‑50 se calcula la producción día de residuos domésticos en campamentos habitacionales.

Tabla 3‑50 Estimación de residuos sólidos a generar por el proyecto

| **Característica** | **Cantidad** |
| --- | --- |
| Campamento habitacionales (Hab) | 200 |
| Valor promedio de producción per capital de residuos domésticos (Kg/hab-dia) | 0.45 |
| Total de residuos domésticos generados (kg/dia) | 90 |
| Total de residuos domésticos generados al mes (kg/mes) | 2700 |

Fuente: Géminis Consultores S.A.S, 2015

Para el manejo y control de los residuos domésticos generados, se llevara a cabo las actividades descritas en el plan de manejo ambiental.

##### Residuos Industriales (Peligrosos y Especiales)

Con el fin de cuantificar la producción de residuos sólidos industriales generados en el desarrollo del proyecto, se toman como base los residuos generados en

A continuación, la Tabla 3‑51 se proyecta la producción de residuos sólidos:

Tabla 3‑51 Estimación de residuos sólidos a generar por el proyecto

| **Tipo De Residuo** | **Unidad** | **Cantidad (mes)\*** |
| --- | --- | --- |
| Excavación | m3 | 713 |
| Concreto | m3 | 125.6 |
| Acero de Refuerzo | Kg | 11792 |
| Madera | m2 | 140 |
| Demolición | m3 | 4 |
| Otros | kg | 100 |

\*Estos valores son aproximados, se toman como referencia los valores entregados en el estudio del Plan de Manejo Integras de Residuos Sólidos en obras de contención, mitigación y mantenimiento en la via Bogotá Villavicencio.

Fuente: (Moncada Rojas, Ramirez Naranjo, & Chavez Porras, 2009)

#### Impactos generados

La identificación de impactos generados por la generación de residuos, se describen en el capítulo 8 del presente documento, donde se desarrolla la evaluación ambiental para todas las actividades asociadas al desarrollo del proyecto.

#### Manejo de Residuos

El manejo y disposición de los residuos dentro y fuera de obra serán manejados según lo establecido en el plan de manejo ambiental del proyecto, el cual debe tener en cuenta el PGIRS del municipio de Puerto Berrío, Antioquia.

A continuación, se describen las medidas de manejo para los residuos generados por la actividad.

##### Residuos no peligrosos

Para los residuos no peligrosos serán entregados a la empresa de aseo Aguas del Puerto S.A.S, teniendo en cuenta la micro ruta de recolección 7 (Martes y Viernes) y micro ruta de recolección 4 (Miércoles y Sábado), con el fin de ser trasladados al relleno Sanitario “La Tabaca”, ubicado a 14 Km del Casco Urbano del Municipio de Puerto Berrío.

Para ser incluidos dentro de estas rutas de recolección, la Concesión Autopista Rio Magdalena, deberá registrarse ante la empresa prestadora del servicio he indicar el sitio de acopio temporal donde la empresa realizará la recolección de los residuos no peligrosos domésticos, generando el pago respectivo para la disposición de los mismo.

Para los residuos sólidos generados en la margen derecha del rio (Municipio de Cimitarra-Departamento de Santander) serán entregados a la empresa de aseo municipal E.S.P.D, los cuales se encargaran de su correcta disposición.

Para los residuos orgánicos provenientes de las áreas de casino, se podrán realizar convenios con plantas de compostaje como la planta Landázuri, en el municipio de Cimitarra.

Esta labor la realizará para el área de campamento y plantas de procesos.

##### Residuos Reciclables

Con el fin de disminuí los volúmenes de residuos generados a lo largo del proyecto, se contara con planes de separación de residuos sólidos dentro de las instalaciones de campamentos, plantas y frentes de obra.

Estos residuos se llevaran a centros de acopio temporal dentro de cada instalación y hay serán entregados a terceros autorizados (cooperativas de recicladores y/o a empresas de reciclaje) los cuales se encargaran de reutilizar y reciclar estos residuos.

Con el fin de llevar un control sobre los residuos generados y entregados, estos serán pesados antes de realizar la entrega a terceros autorizados, y ellos deberán garantizar por medio de actas de disposición el manejo final dado a los mismos.

##### Residuos Especiales

Actualmente no existe en el municipio un sitio para la disposición de residuos de escombros o escombrera. Por tal motivo la Concesión Autopista Río Magdalena, debe garantiza su correcta disposición a través de terceros autorizados, los cuales deben contar con los permisos ambientales exigidos por las corporaciones y deberá entregar un acta de disposición final a la concesión donde se evidencie la disposición correcta de estos residuos.

##### Residuos Peligrosos

Actualmente no existe en el municipio no se encarga del manejo de residuos peligrosos como baterías, llantas, aceites usados, entre otros, estos deberán ser recolectados en contenedores adecuados para el tipo

La Concesión Autopista Río Magdalena, deberá formular el plan de gestión de residuos sólidos para el proyecto, en el cual se debe dar cumplimiento a la normatividad nacional vigente y a las metas propuestas en el programa de manejo de residuos sólidos y peligros, incluido en el Capítulo 11 del presente documento

### Costos del proyecto

El costo estimado para la construcción de la Variante Puerto Berrío es de; Ciento setenta y dos mil seiscientos ochenta y ocho millones seiscientos cincuenta y siete mil quinientos diez pesos $172.688.657.510,00 , donde se incluye el costo total de la inversión y la operación.

### Cronograma Organización del proyecto

El proyecto de construcción del proyecto vial Autopista al Río Magdalena 2: Construcción de la variante Puerto Berrío, tendrá una duración total de 4 años. La ejecución de las obras será como se indica en el cronograma del proyecto, incluido en el Anexo Cap. 3, Numeral 3.2.8. En la siguiente tabla se presenta cronograma general para el proyecto.

Tabla ‑ Cronograma para la ejecución del proyecto de construcción de la variante Puerto Berrío en los departamentos de Antioquia

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Actividad | Fase Pre-construcción | Fase Construcción | | | Fase Desmantelamiento y Abandono |
| **Año 1** | **Año 2** | **Año 3** | **Año4** | **Año 5** |
| Movimiento de tierras |  |  |  |  |  |
| Subbases y bases granulares |  |  |  |  |  |
| Pavimentos asfálticos |  |  |  |  |  |
| Drenajes y obras de protección |  |  |  |  |  |
| Estructuras |  |  |  |  |  |
| Señalización, seguridad y obras varias |  |  |  |  |  |
| Proyecto de Ingeniería |  |  |  |  |  |
| Gestión Ambiental social y predial |  |  |  |  |  |
| Ejecución de programas del Plan de Manejo Ambiental |  |  |  |  |  |

Fuente: Concesionario Autopista Río Magdalena S.A.S:, 2015

### Organización del proyecto

A continuación, la Figura 3.55 muestra el organigrama general para el proyecto “Construcción Variante Puerto Berrío”

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.55 Organigrama del proyecto

Fuente: (Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015)

# BIBLIOGRAFÍA

Alcaldia Municipal de Puerto Berrío - Antioquial. (2005). *Plan de Gestion Integral de Residuos Solidos del Municipio de Puerto Berrio - Antioquia. 2005 - 2020.* Puerto Berrio: Alcaldia Municipal.

Concesion Autopista Río Magdalena S.A.S. (2015).

Congreso de la Republica. (16 de 06 de 2008). Ley 1228 . Bogota.

Géminis Consultores S.A.S. (s.f.).

IGAC. (09 de 09 de 2015). *IGAC*. Obtenido de Cartografia Basica y Digital: http://geoservice.igac.gov.co/contenidos\_telecentro/cartografia\_basica/cursos/sem\_1/uni1/index.php?id=47

INVIAS. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.* Bogotá: Instituto Nacional de Vías.

INVIAS. (2011). *Manual de Dreajes para Carreteras.* Bogota: INVIAS.

INVIAS. (2014). *Mapa de Carreteras 2014.* Bogota: MinTrasporte.

Ministerio de Cultura. (2015). Certificado de presencias de Bienes de Interés Cultural en el ámbito Nacional. *Oficio MC010025-EE-2015*.

Moncada Rojas, O. C., Ramirez Naranjo, B. C., & Chavez Porras, A. (2009). *Plan de manejo integral de residuos sólidos en obras de contencion, mitigacion y mantenimiento en la vía Bogotá Villavicencio.* Bogota: Universidad Militar Nueva Granada.

1. Fillers: Sustancias finas divididas las cuales son insolubles en asfalto pero que pueden ser dispersadas en el, como un medio de modificar sus propiedades mecánicas y consistencia. Usualmente sus sustancias minerales. Típicos fillers minerales: cal, cemento, polvo de tiza, cenizas de combustible pulverizada, talco, sílice, entre otros. El efecto general de la adicción de fillers es endurecer el asfalto. [↑](#footnote-ref-1)