|  |
| --- |
| **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**  **CONSTRUCCIÓN VÍA REMEDIOS – ALTO DE DOLORES**  **DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA** |
| **CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO** |
| **CONCESIÓN AUTOPISTA RÍO MAGDALENA S.A.S** |
| **Bogotá D.C., Junio de 2016** |

TABLA DE CONTENIDO

[3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 6](#_Toc444103043)

[3.1. Localización 6](#_Toc444103044)

[3.2. Características del proyecto 10](#_Toc444103045)

[**3.2.1.** **Infraestructura existente** 10](#_Toc444103046)

[3.2.1.1. Infraestructura vial 10](#_Toc444103047)

[3.2.1.2. Líneas férreas 16](#_Toc444103048)

[3.2.1.3. Redes de servicio Público 16](#_Toc444103049)

[3.2.1.4. Infraestructura de la industria del petróleo 16](#_Toc444103050)

[3.2.1.5. El patrimonio urbano, arquitectónico, cultural y arqueológico; 17](#_Toc444103051)

[3.2.1.6. Áreas protegidas 17](#_Toc444103052)

[3.2.1.7. Comunidades étnicas establecidas 18](#_Toc444103053)

[3.2.1.8. Títulos mineros 18](#_Toc444103054)

[**3.2.2.** **Fases y actividades del proyecto** 20](#_Toc444103055)

[**3.2.3.** **Diseño del proyecto** 32](#_Toc444103056)

[3.2.3.1. Trazado y características geométricas de las vías a construir objeto del proyecto 33](#_Toc444103057)

[3.2.3.2. Infraestructura asociada al proyecto 79](#_Toc444103058)

[3.2.3.3. Infraestructura y servicios interceptados por el proyecto 89](#_Toc444103059)

[**3.2.4.** **Insumos del proyecto** 129](#_Toc444103060)

[3.2.4.1 Materiales de construcción 130](#_Toc444103061)

[3.2.4.2 Insumos procesados como concreto hidráulico, concreto asfáltico, prefabricado, entre otros. 132](#_Toc444103062)

[3.2.4.3 Explosivos 132](#_Toc444103063)

[3.2.4.4 Material sobrante 132](#_Toc444103064)

[**3.2.5.** **Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación y de construcción y demolición** 133](#_Toc444103065)

[3.2.5.1 Características de diseño para los ZODME 137](#_Toc444103066)

[**3.2.6.** **Residuos peligrosos y no peligrosos** 153](#_Toc444103067)

[3.2.6.1. Clasificación de los residuos Generados. 162](#_Toc444103068)

[3.2.6.2. Estimación de los residuos generados. 164](#_Toc444103069)

[3.2.6.3 Impactos generados 165](#_Toc444103070)

[3.2.6.4 Manejo de Residuos 165](#_Toc444103071)

[**3.2.7.** **Costos del proyecto** 167](#_Toc444103072)

[**3.2.8.** **Cronograma del proyecto** 168](#_Toc444103073)

[**3.2.9.** **Organización del proyecto** 168](#_Toc444103074)

[Bibliografía 170](#_Toc444103075)

ÍNDICE DE TABLAS

[Tabla 3‑1 Unidades Funcionales –UF que conforman el proyecto 6](#_Toc453253332)

[Tabla 3‑2 División político administrativa de los municipios en los cuales tiene incidencia el proyecto. 7](#_Toc453253333)

[Tabla 3‑3 Clasificación de los tipos de vías para Colombia 11](#_Toc453253334)

[Tabla 3‑4 Descripción general de las vías existentes dentro del área del proyecto 11](#_Toc453253335)

[Tabla 3‑5 Empresas de servicios públicos presentes en el área del proyecto 16](#_Toc453253336)

[Tabla 3‑6 Títulos mineros en el área de influencia del proyecto 18](#_Toc453253337)

[Tabla 3‑7 Descripción de las y actividades para el proyecto 20](#_Toc453253338)

[Tabla 3‑8 Generalidades del diseño 32](#_Toc453253339)

[Tabla 3‑9 Ancho de zona 34](#_Toc453253340)

[Tabla 3‑10 Ancho de calzada (m) 35](#_Toc453253341)

[Tabla 3‑11 Bombeo de la calzada 36](#_Toc453253342)

[Tabla 3‑12 Ancho de Berna 36](#_Toc453253343)

[Tabla 3‑13 Velocidades específicas 39](#_Toc453253344)

[Tabla 3‑14 Características generales diseño geométrico 41](#_Toc453253345)

[Tabla 3‑15 Características sección Transversal 41](#_Toc453253346)

[Tabla 3‑16 Carriles adicionales 43](#_Toc453253347)

[Tabla 3‑17 Viaductos UF1 44](#_Toc453253348)

[Tabla 3‑18 Ubicación de los viaductos UF2 45](#_Toc453253349)

[Tabla 3‑19 Glorietas propuestas 47](#_Toc453253350)

[Tabla 3‑20 Peajes y centros de operaciones Propuestos 49](#_Toc453253351)

[Tabla 3‑21 Cruces con vías existentes 49](#_Toc453253352)

[Tabla 3‑22 Periodos de retorno tomados para diseños de alcantarillas 51](#_Toc453253353)

[Tabla 3‑23 Ocupaciones de cauce para Obras de arte y drenaje UF1 61](#_Toc453253354)

[Tabla 3‑24 Ocupaciones de cauce para Obras de arte y drenaje UF2 66](#_Toc453253355)

[Tabla 3‑25 Parámetros resistentes adoptados para el proyecto 71](#_Toc453253356)

[Tabla 3‑26 Resumen de diseño para los taludes de corte en suelo residual 76](#_Toc453253357)

[Tabla 3‑27 Fuentes de material en el área del proyecto 83](#_Toc453253358)

[Tabla 3‑28 Plantas de concreto 84](#_Toc453253359)

[Tabla 3‑29 Plantas de asfalto 87](#_Toc453253360)

[Tabla 3‑30 Materiales necesarios para la producción en las plantas de asfalto y concreto. 89](#_Toc453253361)

[Tabla 3‑31 Acta de hallazgos para redes de hidrocarburos 90](#_Toc453253362)

[Tabla 3‑32 Profundidad mínima de la tubería en la vía 91](#_Toc453253363)

[Tabla 3‑33 Acta de hallazgos para redes eléctricas 92](#_Toc453253364)

[Tabla 3‑34 Distancias mínimas de seguridad - diferentes situaciones 96](#_Toc453253365)

[Tabla 3‑35 Distancias mínimas en vanos con líneas de diferentes tensiones 97](#_Toc453253366)

[Tabla 3‑36 Acta de hallazgos para redes de telecomunicaciones 97](#_Toc453253367)

[Tabla 3‑37 Acta de hallazgos para redes de acueducto 100](#_Toc453253368)

[Tabla 3‑38 Separación horizontal y vertical de redes eléctricas 126](#_Toc453253369)

[Tabla 3‑39 Cantidad de Mediciones firmes y hormigones para el proyecto 130](#_Toc453253370)

[Tabla 3‑40 Balance de masas para el desarrollo del proyecto UF1 132](#_Toc453253371)

[Tabla 3‑41 Balance de masas para el desarrollo del proyecto UF2 133](#_Toc453253372)

[Tabla 3‑42 ZODME seleccionados para el proyecto 134](#_Toc453253373)

[Tabla 3‑43 Características generales ZODME seleccionados para el proyecto 141](#_Toc453253374)

[Tabla 3‑44 Características de la cuenca río Volcan 153](#_Toc453253375)

[Tabla 2‑1 Tipo de Residuo para la separación en la fuente y manejo 162](#_Toc453253376)

[Tabla 2‑2 Estimación de residuos sólidos a generar por el proyecto 164](#_Toc453253377)

[Tabla 2‑3 Estimación de residuos sólidos a generar por el proyecto 165](#_Toc453253378)

ÍNDICE DE FIGURAS

[Figura 3.1 Localización general del proyecto “Construcción de la vía Remedios - Alto de Dolores”. 9](#_Toc453358695)

[Figura 3.2 Vías existentes en el área del proyecto UF1 14](#_Toc453358696)

[Figura 3.3 Vías existentes en el área del proyecto UF2 15](#_Toc453358697)

[Figura 3.4 Sección típica transversal de una vía primaria 34](#_Toc453358698)

[Figura 3.5 Sección Transversal UF1-UF2 42](#_Toc453358699)

[Figura 3.6 Figura Viaducto 43,1 46](#_Toc453358700)

[Figura 3.7 Figura Viaducto 46,6 47](#_Toc453358701)

[Figura 3.8 Glorieta PK0+000 UF2 48](#_Toc453358702)

[Figura 3.9 Cabezal tipo Box 53](#_Toc453358703)

[Figura 3.10 Alcantarilla 54](#_Toc453358704)

[Figura 3.11 Refuerzo de alcantarilla 55](#_Toc453358705)

[Figura 3.12 Cuneta tipo Triangular 57](#_Toc453358706)

[Figura 3.13 Calculo del talud típico de H=5m con una inclinación de 3H:4V son sostener 72](#_Toc453358707)

[Figura 3.14 Cálculos del talud típico de H=10m, con inclinación de 1H:1V, sin sostener 73](#_Toc453358708)

[Figura 3.15 Cálculo del talud de H=15M con inclinación 3H:4V, con berma de 3m, sin sostener 74](#_Toc453358709)

[Figura 3.16 Cálculo del talud típico de H=15M, con inclinación 3H: 4V con berma de 3m, sosteniendo con soil- nailing 74](#_Toc453358710)

[Figura 3.17 Cálculo del talud típico H=20m, inclinación 3H:4V sostenido bulones a 4x4m 75](#_Toc453358711)

[Figura 3.18 Cálculo del talud típico de H=20m con inclinación 3H:4V sostenido con bulones a 3x3 76](#_Toc453358712)

[Figura 3.19 Campamento Vegachí 80](#_Toc453358713)

[Figura 3.20 Esquema de cruce de tubería 91](#_Toc453358714)

[Figura 3.21 Distancia “d” y “d1” en cruces y recorridos de vías. 96](#_Toc453358715)

[Figura 3.22 Cárcamo de protección de ladrillo y concreto 108](#_Toc453358716)

[Figura 3.23 Detalle de cruce típico para instalación de tubería 111](#_Toc453358717)

[Figura 3.24 Esquema general en perfiles- Ubicación cuneta saco suelo - cemento 138](#_Toc453358718)

[Figura 3.25 Sección de cuneta en saco suelo- cemento en bermas intermedias 139](#_Toc453358719)

[Figura 3.26 ZODME 1D-UF1 150](#_Toc453358720)

[Figura 3.27 ZODME 13B UF1 151](#_Toc453358721)

[Figura 3.28 ZODME 1 UF2 152](#_Toc453358722)

[Figura 3.29 Resultados cota de inundación para el río Volcán en el área del zodme 22 UF1 158](#_Toc453358723)

[Figura 3.30 Resultados cota de inundación para la Quebrada los Monos ZODME 25-UF2 160](#_Toc453358724)

[Figura 3.31 Resultados cota de inundación para la Quebrada los Monos ZODME 27-UF2 161](#_Toc453358725)

[Figura 3.31 Organigrama de obra para el proyecto 169](#_Toc453358726)

# DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

## Localización

El proyecto “Construcción de la vía Remedios – Alto de Dolores” localizado en el departamento de Antioquia.

Este corredor vial tiene una longitud estimada de 69,9 Kilómetros dividido en dos unidades funcionales (UF1) y (UF2), iniciara en el municipio de Remedios y terminando en el municipio de Maceo en la vereda de Alto de Dolores. El trazado del proyecto discurre íntegramente en el departamento de Antioquía cruzando por cinco (5) municipios Remedios, Vegachí, Yalí, Yolombó y Maceo (Ver Figura 3.1)

El proyecto se ha sectorizado por Unidades Funcionales (UF), basadas en los diseños realizados con anterioridad por parte de Interconexión Eléctrica, S.A. (ISA). En la Tabla 3‑1 se relacionan las unidades Funcionales que conforma el proyecto:

Tabla 3‑1 Unidades Funcionales –UF que conforman el proyecto

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| UF | **Sector** | **Abscisa de diseño** | | Coordenadas de Inicio Magna Sirgas Origen Bogotá | | Coordenadas Finales Magna Sirgas Origen Bogotá | | Longitud aprox. (Km) |
| **Inicio** | **Fin** | **Este** | **Norte** | **Este** | **Norte** |
| UF1 | Remedios-Vegachí | PK 34+600 | PK 70+739 | 920458 | 1241925 | 929684 | 1269383 | 36,14 |
| UF2 | Vegachí Alto de Dolores | PK 0+000 | PK 33+736 | 920021 | 1211893 | 920458 | 1241925 | 33,76 |

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

El punto de inicio del proyecto o el PK 0+000 (Coordenadas E 920021 y N 1211893) la cual corresponde a la glorieta diseñada la cual empalma la vía proyectada con la vía existen, no se incluyen los 600 m de vía de diseño para la entrada a la vía existente. Esta glorieta se describe a detalle (diámetros internos y externos) en el Numeral 3.2.3.1 Trazado y características geométricas, en la sección Intersecciones a nivel y desnivel.

En la Tabla 3‑2 se presenta las veredas y municipios del área de influencia del proyecto, ubicadas en el departamento de Antioquia.

Tabla 3‑2 División político administrativa de los municipios en los cuales tiene incidencia el proyecto.

| UNIDAD FUNCIONAL | MUNICIPIO | UNIDAD TERRITORIAL |
| --- | --- | --- |
| UF 1 | REMEDIOS | Otú |
| Tías la Aurora |
| La Mariposa |
| San Antonio del Rí |
| Camelias - Quintana |
| Los Lagos |
| Santa Isabel |
| San Cristóbal |
| El Retiro |
| Mata Arriba |
| VEGACHÍ | Mona |
| Paso real |
| El Tigre |
| San Juan |
| Bélgica |
| El Jabón |
| La Cristalina |
| UF 2 | La Sonadora |
| YALÍ | Arenal San Rafael |
| La Playa |
| La Clarita |
| El Zancudo |
| San Mauricio |
| El Jardín |
| YOLOMBÓ | Bélgica |
| Doña Ana |
| Santana |
| MACEO | Corrales la cuchilla |
| Guardasol |
| Cabecera municipal |
| San Lucas |
| San Cipriano |
| Tres Piedras |
| Alto de Dolores |

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

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.1 Localización general del proyecto “Construcción de la vía Remedios - Alto de Dolores”.

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

## Características del proyecto

De manera general el proyecto “Construcción de la vía Remedios – Alto Dolores” en las unidades Funcionales UF1 y UF2 comprende el diseño, construcción y operación de una calzada sencilla de un tramo de 69,9 Km.

Este proyecto contempla la construcción de veinte y cinco (25) Viaductos en la UF1, una (1) intersección vial al iniciar la UF2, también contempla la construcción de infraestructura asociada al proyecto la cual correspondiente a veinte y uno (21) Zonas de Disposición de Materiales de Excavación (en adelante ZODME) (13 ZODMES para UF1 y 8 ZODME para UF2), una (1) áreas para planta de procesos (una planta de concreto y una de asfalto) y un (1) campamento habitacional para un máximo de 200 personal.

EL proyecto se desarrollará en un tiempo estimado de construcción de 5 años, donde se ejecutará todas las obras proyectadas para la UF1 y UF2 y se proyecta una fase de operación de 25 años. A continuación se presentan las características de la infraestructura del proyecto existente para cada una de las unidades funcionales

### **Infraestructura existente**

La infraestructura asociada fue definida a partir de recorridos detallados sobre el área de influencia del proyecto, 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 3‑3 , se describe las vías encontradas en el área de influencia del proyecto.

Tabla 3‑3 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 de la vía Remedios – Alto Dolores” busca optimizar la vía nacional Troncal del Nordeste (INVIAS, 2014), la cual comunica al Oriente Antioqueño, con el centro del departamento y el norte del país, siendo este un importante corredor vial para el comercio. La Figura 3.2 y Figura 3.3 muestra la infraestructura vial existente dentro del área del proyecto y su intervención dentro del mismo (Ver Figura 3.2 Y Figura 3.3)

En la siguiente tabla se describe de manera general las vías existentes dentro del área de interés del proyecto.

Tabla 3‑4 Descripción general de las vías existentes dentro del área del proyecto

| Código | Nombre | Tipo | Longitud (Km) | Descripción |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| "36641 | "Troncal del  Nordeste" | 1 | 45,766 | Vía principal relacionada al proyecto en las unidades funcionales 1 y 2. Permite el transporte desde la cabecera del municipio de Remedios hasta la cabecera del municipio de Vegachí de forma paralela al trazado de UF1  La UF2 se inicia desde la cabecera municipal de Remedios en dirección de N-S conecta con las siguientes vías:  \* A aprox. 340 m de la vía remedios se conecta con la vía 36-635 que lleva hacia algunos de los ZODME del proyecto.  \* A aprox. 3.8 Km conecta con la vía 36645 que dirige hacia el trazado del proyecto.  \* A aprox. 9 Km conecta con la vía 36653 que dirige hacia el trazado del proyecto.  \* A aprox. 12 Km conecta con la vía 36650 que permite el acceso desde y hacia la planta de concreto Camelia y la planta de asfalto Camelia  \* A aprox. 14 Km conecta con la vía 36648 que intersecta el trazado del proyecto permitiendo el acceso al ZODME 06H-UF1 y al área de peaje Santa Isabel.  \* A aprox. 17 Km conecta con las vías 36637 y 36652.  \* A aprox. 17.7 Km se encuentra el ZODME 09-UF1.  \* A aprox. 21 Km conecta con la vía 36643 que da acceso a los ZODME 13-UF1 y 15-UF1.  \* A aprox. 22.5 Km se encuentra el ZODME 14C-UF1  \* A aprox. 23 Km conecta con la vía 36655.  \* A aprox. 27.4 Km se encuentran el ZODME 19A-UF1  \* A aprox. 30 Km se encuentra el ZODME 19I-UF1  \* A aprox. 31 Km se intersecta con la vía 36659  \* A aprox. 32 Km se intersecta con la vía 36636  \* A aprox. 34.5 Km se intersecta con la vía 36634 que da acceso al ZODME 22-UF1 y con la vía 36638.  \* A aprox. 46 Km llega a la cabecera municipal del municipio de .Vegachí  \* Desde allí conecta con las vías 36603 y 36631 que llevan al campamento Vegachí y hacia el trazado de la UF2 |
| 36611 |  | 3 | 3,989 | Conecta con la cabecera de Vegachí hacia el norte y con el ZODME 1-UF2 hacía el sur y con las vías 36617 y 36612 que intersectan el trazado de UF2. |
| 36623 |  | 6 | 1,773 | Conecta con la vía 36612 hacia el nor-oriente y permite el acceso a los ZODME 5-UF2 y 7-UF2 conectando con la vía 36621 hacia el occidente para permitir el transporte hacia el sur del trazado de UF2. |
| 36621 |  | 4 | Aprox. 14,121 | Junto con las vías 36598, 36602 y 36615 forman un corredor vial que permite el transporte en dirección norte y sur del trazado de UF2 y el acceso al ZODME 11-UF2. Conecta con la vía 36629 que permite el transporte en dirección norte y sur del proyecto. |
| 36629 |  | 6 | 10,466 | Conecta con las vías 36608 y 36620 que dan acceso al área de peaje de Vegachí y a la base de operaciones conectando con la 36626 que permite el transporte paralelo al trazado de UF2 en dirección norte y sur |
| 36626 |  | 4 | 17,66 | Junto con la vía 36624 forman un corredor que permite el transporte paralelo al trazado de UF2 en dirección norte y sur conectando con la vía 36628 que lleva al ZODME 34-UF2 y con la vía 36622 que intersecta el trazado de UF2. Hacia el sur conecta con las vías 36613 y 36610 que llevan a la cabecera municipal de Maceo. |
| 36627 |  | 3 | 7,267 | Nace en la cabecera de Maceo y junto con la vía 36616 permiten el transporte paralelo al trazado de UF2 en dirección norte y sur dando acceso al ZODME 25-UF2 y 27-UF2. Empalma con la vía 36619 que lleva hacia el municipio de Puerto Berrío en dirección oriente y occidente, iniciando así la Unidad Funcional 3. |
| 36619 | Ruta 62A | 1 |  | Es el inicio de la UF3 |

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

Las vías descritas serán utilizadas en el desarrollo del proyecto con el fin de llevar a cabo las diferentes actividades del mismo.

|  |
| --- |
| C:\Users\Operaciones\AppData\Local\Temp\Rar$DI34.463\VÍAS EXISTENTES UF1.png |

Figura 3.2 Vías existentes en el área del proyecto UF1

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

|  |
| --- |
| C:\Users\Operaciones\AppData\Local\Temp\Rar$DI35.479\VÍAS EXISTENTES UF2.png |

Figura 3.3 Vías existentes en el área del proyecto UF2

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

#### Líneas férreas

En el área de influencia del proyecto no se identifican líneas férreas que intercepten el proyecto.

#### Redes de servicio Público

En el área de influencia del proyecto se encuentran las empresas de servicios públicos que se relacionan en la Tabla 3‑5, las cuales presentan diferentes servicios a la región.

Tabla 3‑5 Empresas de servicios públicos presentes en el área del proyecto

| Empresa | Descripción |
| --- | --- |
| Agua potable y alcantarillado | En el área se cuenta con los acueductos de los 5 municipios intervenidos y algunos acueductos veredales. |
| 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, 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 petróleo

Como infraestructura petrolera se identificó que alrededor del área de influencia se presenta el poliducto Sebastopol – Santa Rosa, el cual pertenece a la empresa Ecopetrol S.A.S y el gasoducto Sebastopol- Medellín a cargo de la empresa Promigas. 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.

#### El patrimonio urbano, arquitectónico, cultural y arqueológico;

Para determinar el patrimonio urbano, arquitectónico y cultural relacionado con la infraestructura del proyecto se realizó solicitud de certificación de presencia o no de las mismas en el área de estudio, ante el ministerio de cultura mediante radicado número CE-107-2015 de 09 Junio de 2015. Este Ministerio mediante su comunicado MC-010025-EE-2015 certifica que para el área de influencia del proyecto que comprende el sector ubicado entre Remedios (Otú) – Alto de Dolores no se registra Bienes del interés cultural del ámbito nacional (Ver anexo Capítulo 2, Numeral 2.1).

#### Áreas protegidas

El MADS mediante comunicado de respuesta No. 8210-E2-18777 conceptuó que para el área de estudio del proyecto Autopista al Rio Magdalena 2: construcción de la calzada comprendida entre el municipio de Remedios (Otú) hasta Alto de Dolores en el municipio de Maceo, en el departamento de Antioquia no se intersectan con la capa de paramos a escala 1:100.000, bosque seco tropical, Reservas de la biosfera, sitios Ramsar, AICAS, zonas de reserva ley 2da de 1959 o áreas forestales protectoras (Ver Anexo Capítulo 2, Numeral 2.1). Adicionalmente en el mismo concepto se menciona el cruce del proyecto con el río San Bartolomé de la capa de humedales a escala 1:500.000 (2007). En este sentido, aunque dicha área de humedales asociada al río San Bartolomé no está asociada a zonas Ramsar, para efectos de ejecución del proyecto se tramitará la respectiva ocupación de cauce y se establecerán las medidas de manejo orientadas a la mitigación de los impactos generados, las cuales estarían incluidas en la Licencia Ambiental a solicitar mediante el presente estudio.

Adicionalmente mediante radicado número 2015-460-004067-2 se solicitó la existencia o no y localización de áreas protegidas del SINAP ante Parques Nacionales Naturales (PNN). Esta entidad mediante comunicado No. 20152400030351 del 22 de junio de 2015 informó que el área de estudio del proyecto NO se encuentra traslapada con la información cartográfica incorporada a la fecha por las diferentes autoridades ambientales en el registro único nacional de áreas protegidas (RUNAP) (Ver Anexo Capítulo 2, Numeral 2.1).

A nivel regional se consultó a CORANTIOQUIA acerca de la existencia o no de Reservas Forestales, Reservas Naturales, DMI o áreas protegidas, esta se explican en el capítulo 2 del presente documento.

#### Comunidades étnicas establecidas

Para la certificación de comunidades éticas relacionadas con la infraestructura del proyecto se solicitó certificación de presencia o no de grupos étnicos en el área de influencia del proyecto ante a la dirección de consulta previa del ministerio del interior mediante radicado No. EXTMI15-0018776 (Ver Anexo Capítulo 2, Numeral 2.1), esta entidad mediante certificación 614 del 7 de mayo de 2015 emitida Certifica la no presencia de comunidades Indígenas, Minorías y Rom, en el área del proyecto el cual se encuentra localizado en jurisdicción de los municipios de Maceo, Remedios, Vegachí , Yalí y Yolombó, en el departamento de Antioquia.

#### Títulos mineros

Para la identificación de títulos mineros localizados en el área de intervención del proyecto, se solicitó a la Agencia Nacional de 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 2.1). Esta entidad mediante oficio de respuesta ANM No 20152200218051 hace llegar reporte grafico ANM-RG-1581-15, correspondiente a localización de títulos mineros.

En la Tabla 3‑6 se resume los títulos mineros vigentes y en estado de solicitud relacionados en el reporte grafico emitido por ANM.

Tabla 3‑6 Títulos mineros en el área de influencia del proyecto

| **CÓDIGO EXPEDIENTE** | **ESTADO** | **TIPO DE MINERÍA** | **MUNICIPIO** |
| --- | --- | --- | --- |
| OG2-081918 | Solicitud contrato de concesión vigente | Minerales de oro y sus concentrados | Maceo |
| H6186005 | Título vigente | Mineral de zinc, yeso, metales preciosos, asociados, mineral de plomo, mineral de molibdeno y cobre | Maceo-Yolombó |
| OE9-16252 | Solicitud de legalización minera tradicional decreto 933 de 2012 | Oro y sus concentrados | Maceo |
| OG2-08558 | Solicitud contrato de concesión vigente | Minerales de oro y sus concentrados | Maceo-San Roque |
| KHV-16081 | Solicitud contrato de concesión vigente | Minerales de oro y platino, y sus concentrados | Maceo-Yolombó |
| KFB-09332X | Solicitud contrato de concesión vigente | Minerales de oro y sus concentrados | Yolombó-Yalí |
| OG2-08414 | Solicitud contrato de concesión vigente | Minerales de metales preciosos y sus concentrados | Yalí-Yolombó |
| Z1251A05 | Solicitud contrato de concesión vigente | Por definir | Yalí |
| KFB-09331 | Solicitud contrato de concesión vigente | Minerales de oro y sus concentrados | Yalí |
| LKI-08002 | Solicitud contrato de concesión vigente | Arenas y gravas naturales y siliceas | Yalí- |
| HHA-08213X | Solicitud contrato de concesión vigente | Minerales de oro y sus concentrados |  |
| KFB-09011 | Solicitud contrato de concesión vigente | Minerales de oro y sus concentrados | -Yalí |
| PJ2-08162 | Solicitud contrato de concesión vigente | Arenas y gravas naturales y silicias minerales de oro y sus concentrados | Vegachí |
| NJV-15081 | Solicitud de legalización minera tradicional decreto 933 de 2013 | Minerales de oro y sus concentrados | -Remedios |
| KIT-08082X | Solicitud contrato de concesión vigente | Minerales de oro y platino, y sus concentrados | Vegachí |
| OEA-15175 | Títulos vigentes | Minerales de oro y sus concentrados | Remedios |
| HGSF-23 | Solicitud de legalización minera tradicional decreto 933 de 2013 | Asociados--metales preciosos | Remedios |
| B7216B005 | Títulos vigentes | Minerales de oro y sus concentrados | Remedios |
| L315005 | Títulos vigentes | Oro | Remedios- |
| L2594005 | Títulos vigentes | Oro y demás concesibles | Remedios |
| KEQ-08031 | Solicitud contrato de concesión vigente | Minerales de oro y platino, y sus concentrados | Remedios |
| NH2-15591 | Solicitud de legalización minera tradicional decreto 933 de 2012 | Minerales de oro y sus concentrados | Remedios |
| H58-14005 | Títulos vigentes | Oro y asociados | Remedios |
| HJID-01 | Títulos vigentes | Oro, cobre, plata y asociados | Remedios- |
| HJBM-05 | Títulos vigentes | Oro y asociados | Remedios |
| JJE-08034 | Títulos vigentes | Minerales de oro y platino, y sus concentrados | Remedios |
| QDT-08191 | Solicitud contrato de concesión vigente | Minerales de oro y sus concentrados | Remedios |
| HJCE-30 | Títulos vigentes | Oro y asociados | Remedios |
| HJBN-01 | Títulos vigentes | Minerales de zinc, cobre, oro, plata y demás concesibles | Remedios |
| HFBL-01 | Títulos vigentes | Metales precioso y demás concesibles | Remedios |
| HFML-06 | Títulos vigentes | Oro y metales | Remedios |
| QGE-14211 | Solicitud contrato de concesión vigente | Minerales de oro y sus concentrados | Remedios |
| PBO-11041 | Solicitud contrato de concesión vigente | Minerales de oro y sus concentrados | Remedios |

Fuente: Catastro Minero Colombiano 2015

El manejo se realizará a través del grupo de gestión predial del concesionario Autopista Río Magdalena S.A.S, quienes 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**

El proyecto iniciará con las actividades de pre-construcción y posteriormente, se iniciarán las actividades de construcción; esta fase finalizará con las actividades de desmantelamiento y finalmente, la vía se entregará para la operación.

A continuación, la Tabla 3‑7 presenta la descripción de las actividades del proyecto y objeto a licenciar:

Tabla 3‑7 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 | 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 (construcción de la calzada, peajes, centro de control de operación, plantas de asfalto, entre otros). Para llevar a cabo la adquisición de predios se deberá contar con un variado grupo de profesionales de principal experiencia en el manejo de comunidades y negociación de predios para el estado, quienes, dentro de las políticas establecidas para llevar a cabo esta Gestión, están en capacidad de brindar asesoría y orientación a la población intervenida con el proyecto, respecto a los trámites que se deben surtir para llevar a cabo la enajenación de sus inmuebles, garantizando la transparencia de las transacciones y asesorando sobre cuál es la documentación requerida para un proceso ágil y oportuno. |
| 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 realizara 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 vía Remedios- Alto de Dolores | | |
| 4 | 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.  El proyecto “Construcción de la vía Remedios- Alto de Dolores” contará para su ejecución con un (1) Campamento habitacional de un área de 2,355 Ha, el cual se establecerá en la Cabecera del municipio de Vegachí, (Coordenadas Magna Sigma Origen Bogotá Este 920987, Norte 1240046). |
| 5 | Localización y replanteo | Esta actividad contempla el replanteo o cambio de la solución geométrica del proyecto en planta, basándose en la topografía y los resultados de los estudios técnicos de detalle. La localización y replanteo de las obras proyectadas contempla el 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. |
| 6 | 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, 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 Viaductos por donde se transite. Estos estarán en óptimas condiciones mecánicas para no ocasionar interrupciones en el tráfico. |
| 7 | 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 áreas de intervención. |
| 8 | 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 |
| 9 | 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 |
| 10 | 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. |
| 11 | 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 |
| 12 | Base y sub-base | Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación del material de base y sub-base aprobado sobre la superficie la banca previamente preparada, en una o varias capas, de conformidad con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos del proyecto |
| 13 | 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. |
| 14 | 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) |
| 15 | Cimentación y pilotaje | Comprende la construcción de pilas, pilotes, zapatas y/o dados y columnas que sirven para soportar los Viaductos y puentes  Estos se realizaran sobre el lecho de los cauces a intervenir o zonas donde se realizaran pilotaje para las bases de viaductos. |
| 16 | Construcción de superestructuras para Viaductos | 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.  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 |
| 17 | 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. |
| 18 | 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. |
| 19 | 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 |
| 20 | 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. | | |
| 21 | 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, |
| 22 | 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. |
| 23 | 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 | | |
| 24 | 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. |
| 25 | 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 Viaductos, previniendo y corrigiendo fallas encontradas por desgastes de material, entre otras. |
| 26 | 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 vía, limpieza permanente de la calzada Algunas de las acciones que se incluyen en estas actividades 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. |
| 27 | 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. |
| 28 | Operación de peajes | Las estaciones de peajes estarán encargadas del sistema de recaudo que incluye el sistema de clasificación por tipo o categoría de vehículos, por medio de cobro denominados cobro manuales.  También se incluyen los centros de comunicación, control, sistema de pesajes de vehículos (basculas fijas y móviles), sistemas de control de tráfico, mensajes viales, fijos y móviles, circuito cerrado de televisión (CCTV), servicios de vigilancia, servicio de asistencia médica de emergencia, entre otras. |

Fuentes: 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 en base 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 3‑8 Generalidades del diseño

| Características | Valor |
| --- | --- |
| Clase de carretera | Primaria |
| Velocidad de diseño | 80 km/h |
| Tipo de Calzad | Doble |
| Radio Mínimo | 230 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: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* 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 velocidad (Ve) de diseño de los elementos circulares en planta.
* Se indica que las curvas de acuerdo y los peraltes han sido calculados siguiendo los criterios y las formulas indicadas en el manual de diseño geométrico. Las transiciones de peralte se realizan a lo largo de la clotoide

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

La vía Remedios- Alto de Dolores se constituye por un tramo de una longitud de 69,9Km en calzada sencilla, los cuales se dividen en 36.38 km para la UF1 y 33.74 km para la UF2.

##### Clasificación de la carretera

* **Por su funcionalidad:** Según los criterios definidos por el INVIAS, por su funcionalidad la vía Remedios- Alto de Dolores es clasificada como una vía de primer orden, la cual hará une la Ruta Nacional 62 con la Troncal del Nordeste.
* **Por su topografía:** Según los criterios definidos por el INVIAS, la vía Remedios- Alto de Dolores corresponde a una vía de topografía montañosa. con velocidad de diseño de VTR 80Km/h la cual puede variar hasta 20Km/h en determinados casos y radios mínimos de 229 m y pendiente máxima del 6%

##### Elementos

Para la sección transversal del proyecto, se han considerado elementos incluidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVIAS) (INVIAS, 2008), 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 3‑9

Tabla 3‑9 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 vía Remedios- Alto de Dolores será una vía de categoría primaria de una calzada sencilla su ancho de zona estará de 60 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 la corona establecida en la sección tipo tendrá 10.9 m**.**

###### Calzada

El ancho de la calzada se adopta en función del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras según como se muestra en la Tabla 3‑10.

Tabla 3‑10 Ancho de calzada (m)



Fuente: INVIAS Tabal 5.2

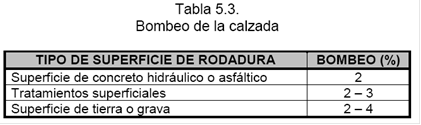
Para el proyecto “Construcción de la vía Remedios- Alto de Dolores” al ser una via primaria la cual se desarrollara sobre un tipo de terreno definido como montañoso, se trabajará con una sección tipo de calzada sencilla de 7,30 m, esta sección se muestra en la Figura 3.4 la sección típica a utilizar.

###### 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 3‑11 muestra el tipo de bombeo de la para la construcción de la vía Remedios- Alto de Dolores.

Tabla 3‑11 Bombeo de la calzada

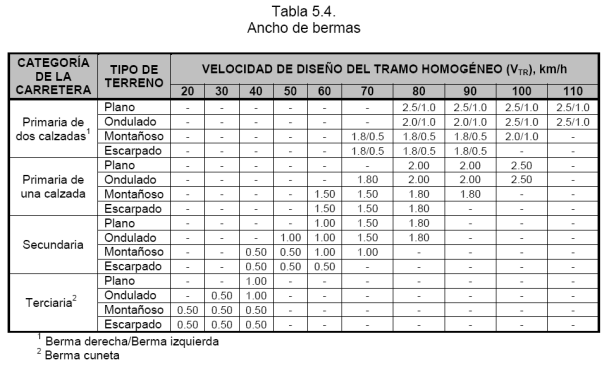


Fuente: INVIAS Tabal 5.3

###### Bermas

La berma es la faja comprendida entre el borde de la calzada y la cuneta la cual 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 3‑12 muestra el ancho de Berna establecido por INVIAS

Tabla 3‑12 Ancho de Berna



Fuente: INVIAS Tabla 5.2

Para el proyecto “Construcción de la vía Remedios- Alto de Dolores”, se trabajará con una sección tipo de doble calzada, la cual contara con una velocidad de diseño de 80 km/h y una bermas externas de 1,80m e internas de 0,5m.

###### 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, entre otras. Para la ejecución del proyecto, se diseñan cunetas de hasta 1,20m.

###### 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 construcción de la vía Remedios – Alto de Dolores los taludes proyectados serán de 1H: 2V, 1H: 1V y 2H: 3V.

En cuanto a los rellenos se ha establecido que estos se realizarían con material tipo pedraplén. 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.

###### Andenes y senderos peatonales

Para el presente diseño no se contempla la construcción de andenes o senderos peatonales.

###### Separadores

El presente estudio contempla la construcción de la vía Remedios- Alto de Dolores 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 el proyecto “Construcción de la vía Remedios- Alto de Dolores” 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 vía Remedios- Alto de Dolores, se diseña una vía o carretera primaria bidireccional de una calzada y cuya velocidad de diseño es de 80 Km/h.

La UF2 (PK0+000) inicia en el Municipio de Maceo en la vereda de Alto de Dolores y finaliza en PK 33+736 en el casco urbano del Municipio de Vegachí. La UF1 inicia en el PK 34+600 en el municipio de Vegachí y Termina en el PK 70+739 en el municipio de Remedios en la vereda de Otú.

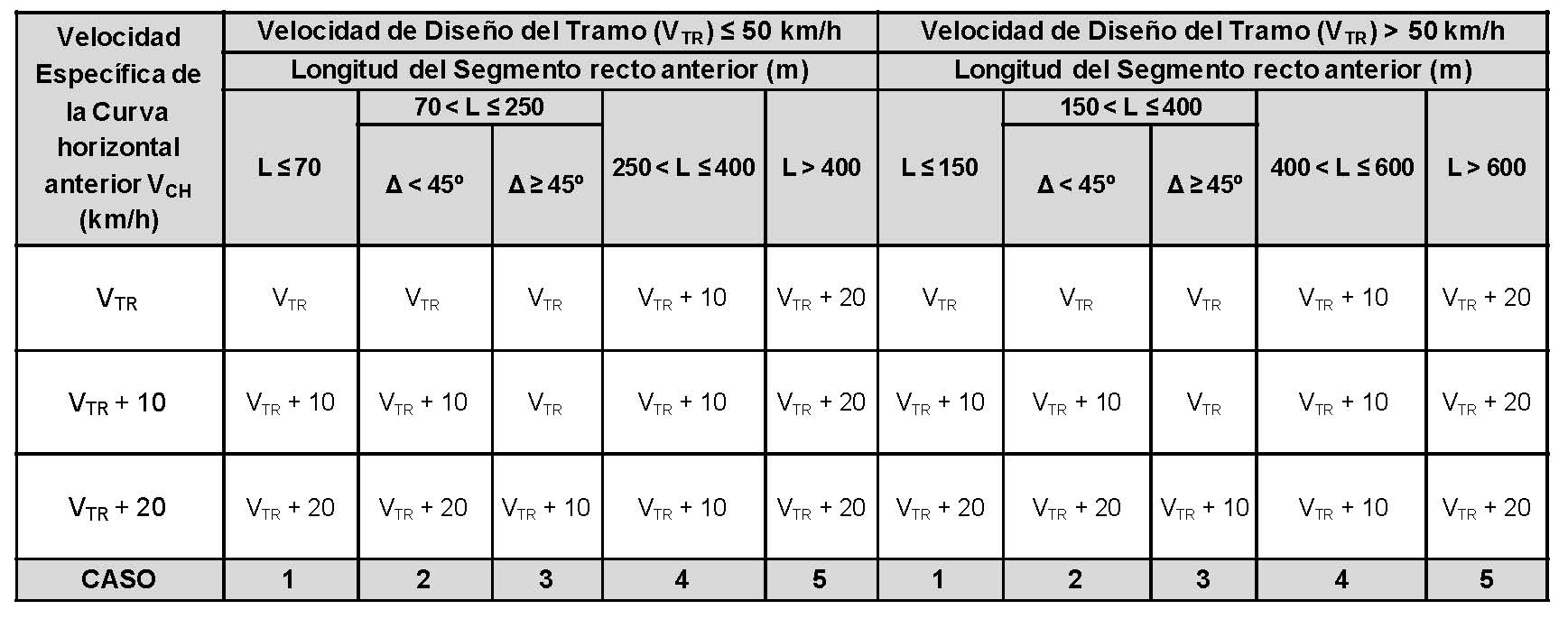
El trazado de la UF1 discurre por el valle del río Volcán, en su margen derecha en dirección norte por una zona montañosa hasta el corregimiento de El Tigre (municipio de Vegachí), en este punto modifica la dirección hacia el noreste por la misma topografía hasta el corregimiento de Otú del municipio de Remedios.

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 dos tramos dividido en dos unidades funcionales (UF1 y UF2) cuya Velocidad de Diseño del tramo es VTR=80 Km/h.

Al tratarse de una vía bidireccional, la velocidad específica a considerar en cada elemento dependerá, no solo de las alineaciones anteriores a la considerada, sino que también de las posteriores. Partiendo de la Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo (VTR) se asigna la Velocidad Específica a cada una de las curvas horizontales (VCH) como se indica en la Tabla 3‑13

Tabla 3‑13 Velocidades específicas



Fuente: (INVIAS, 2008)

Una vez analizado el eje del trazado de la UF2- UF1, se comprueba que las Velocidades Especificas de las curvas horizontales (VCH) y de las entretangencias horizontales (VETH) varían entre 80-90 Km/h.

###### Descripción de las vías

* Velocidades específicas

El proyecto “Construcción de la vía Remedios- Alto de Dolores” tiene una velocidad de diseño de 80km/h la cual puede variar entre ±20 km/h

Una vez analizado el eje del trazado de la UF2- UF1, se comprueba que las Velocidades Especificas de las curvas horizontales (VCH) y de las entretangencias horizontales (VETH) varían entre 80-90 Km/h. y su velocidad de diseño es de 80km/h

* Características Geométricas - Alzado

El trazado en alzado se ha definido según las recomendaciones del Manual de Diseño Geométrico de INVIAS de 2008. De este modo se ha considerado una pendiente mínima del 0.5% y una pendiente máxima del 6% correspondiente a una velocidad de proyecto de 80 Km/h

Para la conexión de las rasantes se han utilizado curvas de forma parábola de parámetro vertical Kv mínimo indicado por el Manual de Diseño Geométrico de INVIAS 2008. De este modo el mínimo valor Kv utilizado para acuerdos cóncavos y convexos resulta de 4.000

Teniendo en cuenta lo anterior se puede afirmar que para la ejecución del proyecto “Construcción de la vía Remedios- Alto de Dolores”, tiene las siguientes características generales (ver Tabla 3‑14):

Tabla 3‑14 Características generales diseño geométrico

|  |  |
| --- | --- |
| Característica | Valor |
| Velocidad de diseño mínimo (km/h) | 80 |
| Pendiente mínima | 0,5% |
| Pendiente Máxima | 6% |
| Acuerdo Cóncavo mínimo | 4.000 |
| Acuerdo convexo mínimo | 5.000 |

Fuente: 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, esta Justificación de carriles adicionales, con la palabra “LENTOS”, en aquellos puntos donde se produce dicha disminución de velocidad

* Sección Transversal

Para el proyecto “Construcción de la vía Remedios- Alto de Dolores” se diseñó la siguiente sección transversal (ver Figura 3.5), la cual tiene las características descritas en la Tabla 3‑15

Tabla 3‑15 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

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.5 Sección Transversal UF1-UF2

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

* Carriles Adicionales

En aquellos tramos en los cuales debido a las fuertes pendientes ascendentes proyectadas se hacía necesario aumentar la plataforma para la definición de un carril especial de ascenso, se han dispuesto carriles adicionales para vehículos lentos.

Por su parte, para asegurar el porcentaje mínimo de longitud del 30% para VTR=80Km/h con distancia de visibilidad de adelantamiento en tramos de 5 Km, se han dispuesto el resto de carriles adicionales.

En ambos casos, el ancho de los carriles será de 3,65 m, igual que el carril adyacente. Se incluyen a continuación las Tabla 3‑16 con la ubicación de estos carriles adicionales y su motivación.

Tabla 3‑16 Carriles adicionales





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

La transición inicial y final de los carriles adicionales será de 50 m. En el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.3 se encuentra el resumen de los terceros carriles del proyecto.

###### Túneles

Para la ejecución del proyecto “Construcción de la Vía Remedios- Alto de Dolores” en la UF1-UF2 no se contempla la construcción de túneles en los diseños.

###### Viaductos

La construcción de la vía incluye en trazado la construcción un total de 49 viaductos (25 Viaductos para la UF1 y de 24 Viaductos para la UF2). En la Tabla 3‑17 Y Tabla 3‑18 se describen de manera general las características de los Viaductos contemplados en el proyecto.

Tabla 3‑17 Viaductos UF1

| UF. | IDENTIFICACIÓN EN PLANO | ABSCISA INICIAL | ABSCISA FINAL | LONGITUD | N° APOYOS | FUENTE, RÍO O QUEBRADA |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| UF1-C1 | Viaducto 40.5 Rio Pescado | K40+535 | K40+570 | 35 | 2 | Quebrada Agua Bonita |
| UF1-C1 | Viaducto 42.8 C1 | K42+847,5 | K42+982,5 | 135 | 6 | Río Pescado |
| UF1-C1 | Viaducto 43.1 (C1) | K43+183,59 | K43+323,59 | 140 | 5 | \*Sin Ocupación |
| UF1-C1 | Viaducto 44.6 (C1) | K44+617,09 | K44+817,09 | 200 | 7 | QRP-1 |
| UF1-C1 | Viaducto 45.1 (C1) | K45+103,09 | K45+268,09 | 165 | 6 | QRP1-1 |
| UF1-C1 | Viaducto 46.6 (C1) | K46+656,09 | K46+861,09 | 205 | 8 | Quebrada Santa Helena |
| UF1-C1 | Viaducto 47.1 (C1) | K47+175 | K47+280 | 105 | 4 | \*Sin Ocupación |
| UF1-C1 | Viaducto 47.6 (C1) | K47+623,59 | K47+743,59 | 120 | 5 | Quebrada Santa Helena |
| UF1-C1 | Viaducto 48.6 (C1) | K48+603,59 | K48+743,59 | 140 | 5 | \*Sin Ocupación |
| UF1-C1 | Viaducto 49.4 (C1) | K49+436,09 | K49+661,09 | 225 | 8 | QLM-1 |
| UF1-C1 | Viaducto 50.8 (C1) | K50+843,59 | K51+103,59 | 260 | 9 | Quebrada La Solita |
| UF1-C1 | Viaducto 52.9 (C1) | K52+965 | K53+025 | 60 | 3 | QP1-1 |
| UF1-C1 | Viaducto 53.1 (C1) | K53+095 | K53+225 | 130 | 5 | QP1-2 |
| UF1-C1 | Viaducto 54.1 (C1) | K54+197 | K54+467 | 270 | 9 | QPB-1 |
| UF1-C1 | Viaducto 54.7 (C1) | K54+744,63 | K54+879,63 | 135 | 6 | \*Sin Ocupación |
| UF1-C1 | Viaducto 55.0 (C1) | K55+041,09 | K55+161,09 | 120 | 5 | Quebrada Buga |
| UF1-C1 | Viaducto 55.8 (C1) | K55+893,59 | K56+068,59 | 175 | 6 | Quebrada La Mariposa |
| UF1-C1 | Viaducto 57.2 (C1) | K57+251,09 | K57+336,09 | 85 | 4 | \*Sin Ocupación |
| UF1-C1 | Viaducto 59.0 (C1) | K59+018,59 | K59+078,59 | 60 | 3 | \*Sin Ocupación |
| UF1-C1 | Viaducto 60.5 (C1) | K60+523,59 | K60+853,59 | 330 | 11 | QRI-5 Y QRI-3 |
| UF1-C1 | Viaducto 62.0 (C1) | K62+053,59 | K62+208,59 | 155 | 6 | Quebrada Curuná |
| UF1-C1 | Viaducto 64.5 (C1) | K64+480 | K64+620 | 140 | 5 | QRI-1 |
| UF1-C1 | Viaducto 67.3 (C1) | K67+376 | K67+576 | 200 | 7 | Caño Mariquitón |
| UF1-C1 | Viaducto 68.5 (C1) | K68+512,50 | K68+607,50 | 95 | 4 | \*Sin Ocupación |
| UF1-C1 | Viaducto 69.8 (C1) | K69+830 | K70+030 | 200 | 7 | QLA-1 |

\*La estructura a construir no está asociada a una ocupación de cauce. El Viaducto se construye con el fin de evitar formas de relieve abruptas.

Fuente: Autopista Río Magdalena, 2015

Tabla 3‑18 Ubicación de los viaductos UF2

| U.F. | IDENTIFICACIÓN EN PLANO | ABSCISA INICIAL | ABSCISA FINAL | LONGITUD | N° APOYOS | FUENTE, RÍO O QUEBRADA |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| UF2 | K1+500 Viaducto | K1+412 | K1+651 | 239 | **9** | Quebrada Mulatal |
| UF2 | K3+250 Viaducto | K3+258 | K3+295 | 37 | 2 | QDA. MONOS |
| UF2 | K3+450 Viaducto | K3+728 | K3+798 | 70 | 4 | QDA. MONOS |
| UF2 | K4+750 Viaducto | K4+732 | K4+768 | 36 | 2 | QDA. MONOS |
| UF2 | K6+250 Viaducto | VIADUCTO TRANSVERSAL K6+217 | | 35 | - | \*Sin Ocupación |
| UF2 | K7+250 Viaducto | VIADUCTO TRANSVERSAL K7+330 | | 40 | - | \*Sin Ocupación |
| UF2 | K7+500 Viaducto | K7+471 | K7+612 | 141 | 5 | QJd-1 |
| UF2 | K9+250 Viaducto | VIADUCTO TRANSVERSAL K9+326 | | 40 | - | \*Sin Ocupación |
| UF2 | K11+500 Viaducto A | K11+268 | K11+304 | 36 | 2 | QCe-1 |
| UF2 | K11+500 Viaducto B | K11+424,5 | K11+495,5 | 71 | 3 | QCe-1 |
| UF2 | K17+000 Viaducto | K16+976 | K17+117 | 141 | 5 | RÍO SAN BARTOLOMÉ |
| UF2 | K17+500 Viaducto | K17+302 | K17+393 | 91 | 4 | QRB1-3 |
| UF2 | K18+000 Viaducto | K17+952 | K18+013 | 61 | 3 | \*Sin Ocupación |
| UF2 | K18+500 Viaducto | K18+501 | 18+607 | 106 | 4 | \*Sin Ocupación |
| UF2 | K19+500 Viaducto | K19+466 | K19+531 | 65 | 3 | QG-5 |
| UF2 | K20+000 Viaducto A | K19+818 | K19+868 | 50 | 3 | QG5-1 |
| UF2 | K20+000 Viaducto B | K20+063 | K20+188 | 125 | 5 | QG5-2 |
| UF2 | K20+500 Viaducto | K20+423 | K20+538 | 115 | 5 | QG5-3 |
| UF2 | K21+000 Viaducto | K21+028 | K21+128 | 100 | 4 | QG5-4 |
| UF2 | K21+450 Viaducto | K21+212 | K21+289 | 77 | 4 | QG5-5 |
| UF2 | K21+500 Viaducto | K21+493 | K21+573 | 80 | 4 | QG5-6 |
| UF2 | K22+500 Viaducto | K21+803 | K21+858 | 55 | 3 | QG5-7 |
| UF2 | K22+550 Viaducto | K22+758 | K22+913 | 155 | 5 | Quebrada Guarquina |
| UF2 | K32+000 Viaducto | K31+740 | K31+800 | 60 | 4 | RÍO VOLCÁN |

\*La estructura a construir no está asociada a una ocupación de cauce. El Viaducto se construye con el fin de evitar formas de relieve abruptas.

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

Los estribos y pilotes de los viaductos diseñados no ocuparan o intervienen los cuerpos de agua permanentes o intermitentes identificados en el área de estudio por tal motivo no se solicita ocupación de cauce para ellos.

Los viaductos diseñados para el proyecto se tienen en cuenta las siguientes normas:

* Norma Colombiana de Diseño de Viaductos CCP-2014, para los estudios de construcción y mantenimiento de Viaductos 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, la Figura 3.6 y la Figura 3.7 muestran algunos de los viaductos a construir, de igual manera estos se encuentran en el Anexo Capítulo 3 Numeral 3.2.3

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.6 Figura Viaducto 43,1

Fuente Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.7 Figura Viaducto 46,6

Fuente Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

###### Intersecciones a nivel o desnivel

En el diseño realizado para el proyecto “Construcción de vía Remedios- Alto de Dolores” se proyectan la construcción de una intersección a nivel tipo Glorieta (INVIAS, 2008) ubicada al inicio de la UF2, la cual conecta con la UF3 en al PK0+000.

Para el diseño de la glorieta expuesta se tuvo en cuenta lo expuesto en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVIAS, 2008). 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 3‑19 la muestra la ubicación y características geométricas de la glorieta diseñada (ver Figura 3.8):

Tabla 3‑19 Glorietas propuestas

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Punto | Abscisa | Φ isleta central (m) | Φ circulo inscrito Φ (m)) |
| Glorieta 1 | PK 0+000 | 40 | 93 |

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

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.8 Glorieta PK0+000 UF2

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

Teniendo en cuenta el Requerimiento No 1 solicitado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, donde dispone: “*Ajustar la localización del proyecto, confirmando el inicio de la unidad funcional UF2*”, vale aclarar que el tramo de los 600m de empalme a la vía existente no objeto de licenciamiento en este documento por tal motivo el inicio de la UF2 se da en el punto de la glorieta.

###### Retornos viales

Para la ejecución del proyecto “Construcción de la vía Remedios – Alto de Dolores” no contempla los diseños y construcción de retornos viales

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

Para la ejecución y operación del proyecto “Construcción de la Vía Remedios- Alto de Dolores” se proyecta el diseño, construcción y operación de dos (2) peajes y una (1) base de operaciones la cuales se describen a en la Tabla 3‑20, esto en conformidad con el estudio realizado por la Agencia Nacional de Infraestructura -ANI, en el cual da viabilidad técnica y socioeconómica para la instalación de dos estaciones de peajes en los sectores de Santa Isabel en el PK 58+280 y Vegachi en el PK 15+140

Tabla 3‑20 Peajes y centros de operaciones Propuestos

| Nombre | UF | Área  (Ha) | Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá | | VEREDA | MUNICIPIO |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ESTE | NORTE |
| ÁREA DE PEAJE STA. ISABEL | UF1 | 0,668 | 924527 | 1260720 | La Mariposa | REMEDIOS |
| ÁREA DE PEAJE VEGACHI | UF2 | 0,677 | 920372 | 1224604 | Doña Ana | YOLOMBÓ |
| BASE DE OPERACIONES | UF2 | 0,573 | 920408 | 1224514 | Doña Ana | YOLOMBÓ |

Fuente: Concesión Río Magdalena, S.A.S

El área del peaje Vegachi, contara con una base de operaciones, la cual contara con un edificio o área administrativa, un área para los carros de asistencia y una zona de almacenamiento de insumos.

Los diseños de estas áreas de peajes y control, se encuentran asociadas ene l anexo Capitulo 3, Numeral 3.2.3

###### Obras en cascos urbanos

El diseño del proyecto “Construcción de la Vía Remedios- Alto de Dolores” no contempla obras en cascos urbanos de los municipios del área de influencia.

###### Cruce con otras obras lineales

El proyecto “Construcción de la vía Remedios- Alto de Dolores” al ser un proyecto cuyo objetivo es mejorar la vía existente entre el municipio de Remedios y Alto de Dolores, muchos de los tramos proyectados, interceptan la vía existente y accesos a las veredas. (Ver Tabla 3‑21)

Estos cruces serán temporales o permanentes dependiendo de la dinámica de construcción y diseño establecido.

Tabla 3‑21 Cruces con vías existentes

| vía interceptada | UF | Abscisa de inicio | Abscisa de Final | Tipo de cruce |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Acceso a Guayabal | UF1 | 63+600 | 64+500 | Cruce paralelo a vía existente |
| Vía vereda La Mariposa, vía Amalfi | 57+300 |  | Cruce con vía existente |
| Troncal del Nordeste | 51+500 | 55+100 | paralela a la vía con algunos cruces |
| Acceso Paso Real | 50+850 |  | Cruce con vía existente |
| Acceso vereda Mata Arriba | 46+000 |  | Cruce con vía existente |
| Troncal del nordeste | 44+450 | 45+300 | se sobrepone con la vía existente |
| Acceso vereda San Juan | 40+500 |  | Cruce con vía existente |
| Vía a Vegachí | 35+250 |  | Cruce con vía existente |
| Troncal del Nordeste | 34+750 | 43+300 | se sobrepone con la vía existente |
| Vía a Vegachí | UF2 | 30+050 | 31+550 | Cruce con vía existente |
| Acceso finca la playa | 26+000 |  | Cruce con vía existente |
| Acceso vereda San Mauricio y Vegachí | 19+200 |  | Cruce con vía existente |
| Acceso escuela San Mauricio | 17+600 |  | Cruce con vía existente |
| Acceso a finca | 16+850 |  | Cruce con vía existente |
| Acceso a finca | 15+100 |  | Cruce con vía existente |
| Acceso a finca | 13+900 |  | Cruce con vía existente |
| Vía acceso Vereda Doña Ana | 12+800 |  | Cruce con vía existente |
| Acceso finca | 10+100 |  | Cruce con vía existente |
| Vía vereda Guardasol Maceo | 9+330 |  | Cruce con vía existente |
| Municipio Maceo vía interna | 7+400 |  | Cruce con vía existente |
| vía a Yalí | 7+320 |  | Cruce con vía existente |
| municipio Maceo vía interna | 6+650 |  | Cruce con vía existente |
| vía a Maceo | 6+200 |  | Cruce con vía existente |
| vía a Maceo | 5+400 |  | Cruce con vía existente |
| vía a Maceo | 3+350 | 3+580 | Cruce con vía existente |
| vía a Maceo | 2+300 | 3+150 | Cruce con vía existente |
| vía a Maceo | 1+600 |  | Cruce con vía existente |
| Acceso finca | 0+430 |  | Cruce con vía existente |

Fuente Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

###### Infraestructura de drenaje

En el anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.3, se encuentra el diseño geométrico y de estructuras de drenaje diseñadas para la ejecución del proyecto “Construcción de la vía Remedios – Alto Dolores, en el departamento de Antioquia”

* Drenajes Transversales

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

* Alcantarilla
* Criterios de diseño

Para el diseño de las alcantarillas se adoptaron los siguientes periodos de retorno para el diseño de las obras de drenaje:

Tabla 3‑22 Periodos de retorno tomados para diseños de alcantarillas

|  |  |
| --- | --- |
| Diámetro de alcantarilla | Periodo de retorno |
| Alcantarillas ≤ 0.90 m de diámetro | 10 años |
| Alcantarillas > 0.90 m de diámetro | 20 años |

Fuente Autopista Río Magdalena.S.A.S

El diámetro mínimo de todas las alcantarillas, incluyendo las alcantarillas de alivio de cunetas, será de 0.90 m.

El diseño hidráulico de alcantarillas se realizó 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 deberá 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 utilizó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.014.

La pendiente hidráulica de las alcantarillas estará entre 0.5% y 5%, pudiendo alcanzar valores tales que no produzcan velocidades superiores a la admisible de acuerdo al material del conducto o que comprometan la estabilidad de la obra.

Para tuberías, el recubrimiento mínimo recomendado a clave será de 1 m, profundidad que sumada al diámetro mínimo de 0.90 m, implica una altura de descole o terraplén de cuanto menos 2m.

En el caso de alcantarillas de cajón, este recubrimiento puede reducirse en base al cálculo estructural de la alcantarilla.

* Caudales de diseño

Los caudales de diseño utilizados para el diseño de las estructuras de drenaje, son los calculados en los estudios Hidrológicos, establecidos en el capítulo 5 de este documento.

* Soluciones adoptadas

Las alcantarillas diseñadas para la ejecución del proyecto “Construcción de la vía Remedios – Alto Dolores” serán de dos tipos: circulares y de cajón.

Su sección hidráulica será la necesaria para evacuar el caudal de diseño bajo los criterios establecidos con anterioridad, y estará por encima de la sección mínima establecida por el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS (INVIAS, 2011) el cual es de 0.90m de diámetro.

La dimensión mínima de las alcantarillas de cajón es de 2 m x 2 m. A continuación la Figura 3.9 a Figura 3.11 muestran las infraestructuras de drenajes propuestas para el desarrollo del proyecto. De igual forma los planos tipo se encuentran en el Anexo Capítulo 3 Numeral 3.2.3

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.9 Cabezal tipo Box

Fuente Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.10 Alcantarilla

Fuente Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.11 Refuerzo de alcantarilla

Fuente Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* Canales laterales
* Criterios de diseño

El diseño de canales laterales se realizó de acuerdo a los criterios establecidos por el capítulo 4.6.1 del Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS. (INVIAS, 2011). El periodo de retorno de diseño de los canales laterales es análogo al de las alcantarillas a las que den continuidad.

* Caudales de diseño

Se emplearán los caudales de diseño obtenidos en el estudio hidrológico, realizado en el capítulo 5 del presente estudio.

* Soluciones adoptadas

Los canales laterales se diseñaron con sección trapecial, en tierras. Eventualmente, se proyectarán revestidos de concreto o enrocado en aquellos que presente riesgo de erosión.

* Cálculo hidráulico

El cálculo hidráulico de los canales laterales se efectúa mediante la formulación de Manning.

* Drenaje Longitudinal

Se diseñarán 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 otras.

* Cunetas

El diseño de cunetas se realizó de acuerdo con el capítulo 4.2 del manual de drenaje para carreteras (INVIAS, 2011), 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.

La sección de la cuneta será de tipo triangular (ver Figura 3.12), asimétrica. si bien el manual de drenaje recoge una cuneta triangular de 1.0 m de ancho total, distribuido 0.96 m al lado de la calzada y 0.04 m del lado del talud y 0.20 m de profundidad, con objeto de aumentar la capacidad de la cuneta, se propone disponer una cuneta triangular de 1.5 m de ancho total, distribuido en 1.41 m del lado de la calzada (talud 4:1) y 0.09 m del lado del talud (talud 1:4) y 0.36 m de profundidad.

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.12 Cuneta tipo Triangular

Fuente Concesión Río Magdalena S.A.S, 2015

Los caudales de diseño se realizaron 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.

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

Para el diseño hidráulico de bordillos se adoptó un periodo de retorno de 5 años. Los caudales de diseño se obtienen a partir del Método Racional. La intensidad se calcula 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 empleará la formulación de Manning, utilizando un coeficiente de rugosidad de 0.014.

* Bajantes

El diseño hidráulico de bajantes se adoptó 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 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.

Para el dimensionamiento hidráulico de las bajantes se empleó la formulación de Manning, utilizando un coeficiente de rugosidad de 0.014.

* Colectores (Alcantarillas longitudinales)

Para el diseño hidráulico de colectores se adoptó un periodo de retorno de 10 años. Los caudales de diseño se calcularon a partir del Método Racional y la intensidad 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 empleó la formulación de Manning, utilizando un coeficiente de rugosidad de 0.014 (concreto).

* Zanjas de coronación o contracunetas

El diseño de zanjas de coronación o contracunetas y zanjas en pie o base de terraplenes, se realizaron de acuerdo con el capítulo 4.3 del Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS (INVIAS, 2011), adoptando un periodo de retorno de 10 años, que podrá incrementarse, 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 2 o 3 m, apilando el material excavado entre la zanja y el terraplén. Las zanjas estarán revestidas de concreto y tendrán una sección trapezoidal.

Al igual que en las cunetas, el caudal y las dimensiones se estimarán con el Método Racional y la expresión de Manning para una sección y un revestimiento seleccionados de n=0.014 y una topografía del área del proyecto dada.

* Obras complementarias

A continuación, se describen las características de la infraestructura complementaria a utilizar para el manejo de drenajes.

* 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 (INVIAS, 2011) y se adopta un periodo de retorno de 10 años, que podrá incrementarse, si se detecta que los taludes de corte son inestables.

* Bateas, vados o badenes

En caso de ser necesario, se diseñarán 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-drenajes

Para los sub-drenajes o drenajes sub-superficiales se analizaron el diseño de elementos de drenaje subsuperficial en aquellos puntos donde haya evidencia de agua subterránea excesivo que alcance la plataforma, y con carácter general, en todos los taludes aferentes a la vía. El periodo de retorno a adoptar en el diseño será de 2 años.

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 vía y de la infraestructura conexa a esta. En el anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.3, se encuentra el diseño geométrico del trazado y de estructuras de sub-drenaje diseñadas para la ejecución del proyecto “Construcción de la vía Remedios – Alto Dolores, en el departamento de Antioquia”

###### 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 UF1 y UF2 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 corriente 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, Viaductos, alcantarillas, Box coulvert, entre otros., las cuales se relacionan en la Tabla 3‑23 donde se observa que para la UF1 se proyecta un total de 139 obras de arte (box coulvert, alcantarillas, entre otros) y en la Tabla 3‑24 donde se observan que para la UF2 se proyectan 144 obras de arte.

Los diseños y planos de las ocupaciones de cauce solicitadas se encuentran en el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.3 Diseño del proyecto/ 3. Ocupaciones de cauce del estudio

Tabla 3‑23 Ocupaciones de cauce para Obras de arte y drenaje UF1

| U.F. | IDENTIFICACIÓN EN EL PLANO | TIPO INFRAESTRUCTURA | LOCALIZACIÓN (PK) | SECCIÓN | LONGITUD (m) | DIÁMETRO (mm) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| UF1-C1 | OD-1 | ALCANTARILLA | K34+664 |  | 17,76 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-2 | BOX | K34+782 | 2.5x2,5 | 16,18 |  |
| UF1-C1 | OD-3 | ALCANTARILLA | K35+018 |  | 14,76 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-4 | ALCANTARILLA | K35+198 |  | 12,93 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-5 | ALCANTARILLA | K35+337 |  | 17,72 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-6 | ALCANTARILLA | K35+435 |  | 16,05 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-7 | ALCANTARILLA | K35+507 |  | 12,81 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-8 | ALCANTARILLA | K35+578 |  | 14,11 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-9 | ALCANTARILLA | K35+633 |  | 13,29 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-10 | ALCANTARILLA | K35+698 |  | 14,4 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-11 | ALCANTARILLA | K35+822 |  | 14,46 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-11A | ALCANTARILLA | K35+980 |  | 15,74 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-12 | ALCANTARILLA | K36+082 |  | 15,12 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-13 | ALCANTARILLA | K36+121 |  | 14,28 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-14 | ALCANTARILLA | K36+205 |  | 14,77 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-15 | ALCANTARILLA | K36+337 |  | 11,9 | 1,2 |
| UF1-C1 | OD-16 | ALCANTARILLA | K36+438 |  | 13,81 | 1,2 |
| UF1-C1 | OD-17 | ALCANTARILLA | K36+655 |  | 18,74 | 1,5 |
| UF1-C1 | OD-18 | ALCANTARILLA | K36+868 |  | 17,86 | 1,2 |
| UF1-C1 | OD-19 | BOX | K37+050 | 2 X 2 | 28,47 |  |
| UF1-C1 | OD-20 | ALCANTARILLA | K37+308 |  | 45,86 | 1,5 |
| UF1-C1 | OD-21 | ALCANTARILLA | K37+680 |  | 27,84 | 1,2 |
| UF1-C1 | OD-22 | BOX | K37+802 | 2 X 2 | 38,13 |  |
| UF1-C1 | OD-24 | ALCANTARILLA | K38+188 |  | 21,19 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-25 | BOX | K38+282 | 2 X 2 | 30,69 |  |
| UF1-C1 | OD-26 | ALCANTARILLA | K38+320 |  | 15,74 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-27 | BOX | K38+375 | 2 X 2 | 23,54 |  |
| UF1-C1 | OD-28 | BOX | K38+460 | 2 X 2 | 52,36 |  |
| UF1-C1 | OD-30 | BOX | K38+633 | 2 X 2 | 37,91 |  |
| UF1-C1 | OD-31 | ALCANTARILLA | K38+822 |  | 37,66 | 1,5 |
| UF1-C1 | OD-32 | ALCANTARILLA | K39+092 |  | 19,67 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-33 | BOX | K39+210 | 2 X 2 | 32,31 |  |
| UF1-C1 | OD-34 | ALCANTARILLA | K39+390 |  | 22,06 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-35 | ALCANTARILLA | K39+477 |  | 20,05 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-36 | ALCANTARILLA | K39+638 |  | 16,78 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-37 | BOX | K39+730 | 3 x 3 | 14,64 |  |
| UF1-C1 | OD-38 | BOX | K40+005 | 2 X 2 | 29,85 |  |
| UF1-C1 | OD-39 | ALCANTARILLA | K40+265 |  | 11,25 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-40 | ALCANTARILLA | K40+335 |  | 16,79 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-41 | ALCANTARILLA | K40+392 |  | 13,76 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-42 | ALCANTARILLA | K40+638 |  | 19,5 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-43 | ALCANTARILLA | K40+705 |  | 18,76 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-44 | ALCANTARILLA | K41+210 |  | 19,84 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-45 | ALCANTARILLA | K41+272 |  | 20,04 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-47 | BOX | K41+578 | 2 X 2 | 24,55 |  |
| UF1-C1 | OD-48 | ALCANTARILLA | K41+748 |  | 22,51 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-49 | ALCANTARILLA | K41+983 |  | 20,51 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-50 | BOX | K42+135 | 2 X 2 | 50,5 |  |
| UF1-C1 | OD-51 | BOX | K42+327 | 2 X 2 | 42,26 |  |
| UF1-C1 | OD-52 | ALCANTARILLA | K42+635 |  | 16,46 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-53 | BOX | K43+642 | 2 X 2 | 36,41 |  |
| UF1-C1 | OD-54 | ALCANTARILLA | K44+068 |  | 16,01 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-55 | ALCANTARILLA | K44+138 |  | 17,32 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-56 | ALCANTARILLA | K44+233 |  | 16,22 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-57 | ALCANTARILLA | K44+920 |  | 14,75 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-58 | BOX | K45+482 | 2 X 2 | 33,13 |  |
| UF1-C1 | OD-59 | BOX | K46+162 | 2 X 2 | 45,05 |  |
| UF1-C1 | OD-60 | BOX | K46+342 | 2 X 2 | 36,78 |  |
| UF1-C1 | OD-61 | BOX | K46+438 | 2 X 2 | 50,95 |  |
| UF1-C1 | OD-62 | BOX | K47+089 | 3 X 3 | 47,52 |  |
| UF1-C1 | OD-63 | ALCANTARILLA | K47+945 |  | 49,65 | 1,5 |
| UF1-C1 | OD-64 | ALCANTARILLA | K48+468 |  | 72,82 | 1,5 |
| UF1-C1 | OD-65 | BOX | K50+061 | 3 X 3 | 39,25 |  |
| UF1-C1 | OD-66 | BOX | K50+098 | 2 X 2 | 47,51 |  |
| UF1-C1 | OD-67 | BOX | K50+235 | 2 X 2 | 33,74 |  |
| UF1-C1 | OD-68 | BOX | K50+551 | 3 X 3 | 32,65 |  |
| UF1-C1 | OD-69 | ALCANTARILLA | K51+498 |  | 23,47 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-70 | BOX | K51+828 | 2 X 2 | 33,72 |  |
| UF1-C1 | OD-71 | BOX | K51+868 | 2 X 2 | 41,14 |  |
| UF1-C1 | OD-72 | BOX | K52+182 | 2 X 2 | 28,35 |  |
| UF1-C1 | OD-73 | ALCANTARILLA | K52+487 |  | 27,62 | 1,2 |
| UF1-C1 | OD-74 | ALCANTARILLA | K52+810 |  | 17,4 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-75 | BOX | K53+055 | 2 X 2 | 25,13 |  |
| UF1-C1 | OD-76 | ALCANTARILLA | K53+528 |  | 15,47 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-77 | ALCANTARILLA | K53+802 |  | 12,71 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-78 | ALCANTARILLA | K54+003 |  | 15,83 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-79 | BOX | K55+287 | 2 X 2 | 53,02 |  |
| UF1-C1 | OD-80 | BOX | K55+388 | 2 X 2 | 36,67 |  |
| UF1-C1 | OD-81 | BOX | K55+770 | 2 X 2 | 40,42 |  |
| UF1-C1 | OD-82 | BOX | K56+521 | 2 X 2 | 77,89 |  |
| UF1-C1 | OD-83 | ALCANTARILLA | K56+583 |  | 82 | 1,5 |
| UF1-C1 | OD-84 | BOX | K56+773 | 2 X 2 | 36,08 |  |
| UF1-C1 | OD-85 | BOX | K56+862 | 2 X 2 | 36,44 |  |
| UF1-C1 | OD-86 | BOX | K57+755 | 2 X 2 | 61,62 |  |
| UF1-C1 | OD-87 | BOX | K58+250 | 2 X 2 | 22,77 |  |
| UF1-C1 | OD-88 | ALCANTARILLA | K58+452 |  | 19,95 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-89 | BOX | K58+712 | 2 X 2 | 59,08 |  |
| UF1-C1 | OD-90 | ALCANTARILLA | K58+912 |  | 33,36 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-91 | BOX | K59+244 | 3 X 3 | 15,41 |  |
| UF1-C1 | OD-92 | ALCANTARILLA | K59+418 |  | 15,04 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-93 | BOX | K59+643 | 3 X 3 | 30,55 |  |
| UF1-C1 | OD-94 | ALCANTARILLA | K60+016 |  | 17,5 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-95 | BOX | K60+090 | 2 X 2 | 35,91 |  |
| UF1-C1 | OD-96 | BOX | K60+321 | 2 X 2 | 22,87 |  |
| UF1-C1 | OD-98 | ALCANTARILLA | K61+432 |  | 29,9 | 1,2 |
| UF1-C1 | OD-99 | BOX | K61+482 | 2 X 2 | 24,02 |  |
| UF1-C1 | OD-100 | BOX | K61+749 | 2 X 2 | 43,96 |  |
| UF1-C1 | OD-101 | BOX | K62+279 | 2 X 2 | 52,01 |  |
| UF1-C1 | OD-102 | BOX | K62+582 | 2 X 2 | 42 |  |
| UF1-C1 | OD-103 | BOX | K62+662 | 2 X 2 | 42,26 |  |
| UF1-C1 | OD-104 | BOX | K62+762 | 3 X 3 | 54,15 |  |
| UF1-C1 | OD-105 | ALCANTARILLA | K63+057 |  | 18 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-106 | BOX | K63+331 | 2 X 2 | 28,51 |  |
| UF1-C1 | OD-107 | ALCANTARILLA | K63+437 |  | 44,41 | 1,2 |
| UF1-C1 | OD-108 | BOX | K63+589 | 2 X 2 | 46,03 |  |
| UF1-C1 | OD-109 | BOX | K63+800 | 2 X 2 | 30 |  |
| UF1-C1 | OD-110 | ALCANTARILLA | K63+866 |  | 29,42 | 1.5 |
| UF1-C1 | OD-111 | ALCANTARILLA | K64+012 |  | 24,38 | 1.2 |
| UF1-C1 | OD-112 | ALCANTARILLA | K64+192 |  | 24,2 | 0.9 |
| UF1-C1 | OD-113 | ALCANTARILLA | K64+415 |  | 17,67 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-114 | BOX | K64+940 | 3 X 3 | 28,38 |  |
| UF1-C1 | OD-115 | ALCANTARILLA | K65+208 |  | 41,67 | 1,2 |
| UF1-C1 | OD-116 | BOX | K65+459 | 2 X 2 | 17,44 |  |
| UF1-C1 | OD-117 | BOX | K65+542 | 2 X 2 | 29,34 |  |
| UF1-C1 | OD-118 | ALCANTARILLA | K65+592 |  | 42,57 | 1,5 |
| UF1-C1 | OD-119 | ALCANTARILLA | K66+139 |  | 45,38 | 1,5 |
| UF1-C1 | OD-120 | ALCANTARILLA | K66+357 |  | 33,13 | 1,5 |
| UF1-C1 | OD-121 | BOX | K66+617 | 2 X 2 | 36,69 |  |
| UF1-C1 | OD-122 | ALCANTARILLA | K66+818 |  | 21,24 | 1,5 |
| UF1-C1 | OD-123 | BOX | K66+888 | 2 X 2 | 34,75 |  |
| UF1-C1 | OD-124 | BOX | K67+000 | 2 X 2 | 56,94 |  |
| UF1-C1 | OD-125 | ALCANTARILLA | K67+137 |  | 19,09 | 1,2 |
| UF1-C1 | OD-126 | BOX | K67+318 | 2 X 2 | 24,12 |  |
| UF1-C1 | OD-127 | ALCANTARILLA | K67+858 |  | 21,75 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-128 | BOX | K68+085 | 2 X 2 | 25,51 |  |
| UF1-C1 | OD-129 | BOX | K68+238 | 2 X 2 | 25,03 |  |
| UF1-C1 | OD-130 | ALCANTARILLA | K68+342 |  | 19,16 | 0,9 |
| UF1-C1 | OD-131 | BOX | K68+658 | 2 X 2 | 41,05 |  |
| UF1-C1 | OD-132 | ALCANTARILLA | K68+882 |  | 27,72 | 1,2 |
| UF1-C1 | OD-133 | BOX | K68+965 | 2 X 2 | 30,72 |  |
| UF1-C1 | OD-134 | BOX | K69+053 | 2 X 2 | 53,33 |  |
| UF1-C1 | OD-135 | BOX | K69+122 | 2 X 2 | 38,84 |  |
| UF1-C1 | OD-137 | BOX | K69+522 | 2 X 2 | 57,12 |  |
| UF1-C1 | OD-138 | BOX | K69+588 | 2 X 2 | 86,33 |  |
| UF1-C1 | OD-139 | BOX | K70+127 | 2 X 2 | 53,55 |  |
| UF1-C1 | OD-140 | BOX | K70+212 | 2 X 2 | 34,2 |  |
| UF1-C1 | OD-141 | BOX | K70+361 | 2 X 2 | 40,48 |  |
| UF1-C1 | VI-13/15-OD-0.68 | Alcantarilla | Via industrial ZODME 13B PK 0+680 |  | 21.71 | 0.9 |
| UF1-C1 | VI-13/15-ES-0.90 | Reforzamiento puente existente | Via industrial ZODME 13B PK 0+680 |  | 10.623 |  |

Fuente Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Tabla 3‑24 Ocupaciones de cauce para Obras de arte y drenaje UF2

| UF | IDENTIFICACIÓN EN EL PLANO | LOCALIZACIÓN (PK) | TIPO DE ESTRUCTURA | DIÁMETRO (mm) | LONGITUD (M) | SECCIÓN |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| UF2-C1 | OD PK 0+104 | 0+104 | ALCANTARILLA | 1800 | 142,96 |  |
| UF2-C1 | OD PK 0+542 | 0+542 | BOX |  | 142,70 | 2,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 0+680 | 0+680 | ALCANTARILLA | 900 | 48,93 |  |
| UF2-C1 | OD PK 0+846 | 0+846 | ALCANTARILLA | 900 | 74,84 |  |
| UF2-C1 | OD PK 0+968 | 0+968 | ALCANTARILLA | 900 | 68,86 |  |
| UF2-C1 | OD PK 1+172 | 1+172 | ALCANTARILLA | 1500 | 101,96 |  |
| UF2-C1 | OD PK 1+727 | 1+727 | ALCANTARILLA | 1500 | 95,15 |  |
| UF2-C1 | OD PK 1+852 | 1+852 | ALCANTARILLA | 1200 | 36,37 |  |
| UF2-C1 | OD PK 2+317 | 2+317 | BOX |  | 67,37 | 3,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 2+456 | 2+456 | ALCANTARILLA | 900 | 34,25 |  |
| UF2-C1 | OD PK 2+559 | 2+559 | ALCANTARILLA | 1200 | 43,08 |  |
| UF2-C1 | OD PK 2+735 | 2+735 | BOX |  | 48,37 | 3,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 2+880 | 2+880 | ALCANTARILLA | 900 | 27,71 |  |
| UF2-C1 | OD PK 3+085 | 3+085 | ALCANTARILLA | 900 | 26,22 |  |
| UF2-C1 | OD PK 3+614 | 3+614 | ALCANTARILLA | 1200 | 39,9 |  |
| UF2-C1 | OD PK 4+283 | 4+283 | BOX |  | 42,38 | 3,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 4+398 | 4+398 | ALCANTARILLA | 1500 | 39,18 |  |
| UF2-C1 | ODT PK 0+157 VI | 0+157 VI | ALCANTARILLA | 1200 | 31,85 |  |
| UF2-C1 | OD PK 5+363 | 5+363 | BOX |  | 51,22 | 2,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 5+827 | 5+827 | ALCANTARILLA | 900 | 36,13 |  |
| UF2-C1 | OD PK 4+870 | 4+870 | ALCANTARILLA | 900 | 26,97 |  |
| UF2-C1 | OD PK 5+090 | 5+090 | ALCANTARILLA | 900 | 37,55 |  |
| UF2-C1 | OD PK 4+985 | 4+985 | BOX |  | 74,21 | 2,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 6+009 | 6+009 | ALCANTARILLA | 900 | 31,24 |  |
| UF2-C1 | ODT PK 0+420 VI | 0+420 VI | ALCANTARILLA | 1200 | 22,25 |  |
| UF2-C1 | ODT PK 0+090 VI | 0+090 VI | ALCANTARILLA | 900 | 23,73 |  |
| UF2-C1 | OD PK 6+440 | 6+440 | ALCANTARILLA | 900 | 40,49 |  |
| UF2-C1 | OD PK 6+750 | 6+750 | ALCANTARILLA | 1500 | 75,08 |  |
| UF2-C1 | OD PK 7+010 | 7+010 | ALCANTARILLA | 900 | 30,60 |  |
| UF2-C1 | OD PK 7+187 | 7+187 | ALCANTARILLA | 900 | 61,30 |  |
| UF2-C1 | OD PK 7+943 | 7+943 | ALCANTARILLA | 1200 | 34,04 |  |
| UF2-C1 | OD PK 8+104 | 8+104 | BOX |  | 55,28 | 3,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 8+167 | 8+167 | ALCANTARILLA | 1200 | 36,41 |  |
| UF2-C1 | OD PK 8+355 | 8+355 | ALCANTARILLA | 1800 | 41,81 |  |
| UF2-C1 | OD PK 8+613 | 8+613 | ALCANTARILLA | 1200 | 44,07 |  |
| UF2-C1 | OD PK 8+833 | 8+833 | ALCANTARILLA | 900 | 49,63 |  |
| UF2-C1 | OD PK 8+873 | 8+873 | ALCANTARILLA | 900 | 58,73 |  |
| UF2-C1 | OD PK 9+098 | 9+098 | ALCANTARILLA | 900 | 35,12 |  |
| UF2-C1 | OD PK 9+262 | 9+262 | ALCANTARILLA | 1500 | 83,98 |  |
| UF2-C1 | OD PK 9+531 | 9+531 | ALCANTARILLA | 900 | 48,06 |  |
| UF2-C1 | OD PK 9+645 | 9+645 | ALCANTARILLA | 1800 | 71,70 |  |
| UF2-C1 | OD PK 9+785 | 9+785 | ALCANTARILLA | 12 | 43,5 |  |
| UF2-C1 | OD PK 10+029 | 10+029 | ALCANTARILLA | 900 | 38,48 |  |
| UF2-C1 | ODT PK 0+196 VI | 0+196 VI | ALCANTARILLA | 1800 | 44,62 |  |
| UF2-C1 | OD PK 10+281 | 10+281 | ALCANTARILLA | 1800 | 52,35 |  |
| UF2-C1 | OD PK 10+407 | 10+407 | BOX |  | 51,94 | 3,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 10+607 | 10+607 | BOX |  | 56,33 | 2,50m x 2,50m. |
| UF2-C1 | OD PK 10+800 | 10+800 | ALCANTARILLA | 1200 | 40,17 |  |
| UF2-C1 | OD PK 11+814 | 11+814 | BOX |  | 51,33 | 2,50m x 2,50m. |
| UF2-C1 | OD PK 12+421 | 12+421 | BOX |  | 52,22 | 2,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 12+661 | 2+661 | ALCANTARILLA | 1500 | 33,80 |  |
| UF2-C1 | ODT PK 0+030 VI | 0+030 VI | BOX |  | 34,7 | 3,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 12+925 | 12+925 | BOX |  | 70,21 | 2,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 12+968 | 12+968 | ALCANTARILLA | 1800 | 64,19 |  |
| UF2-C1 | OD PK 13+140 | 13+140 | ALCANTARILLA | 1200 | 116,53 |  |
| UF2-C1 | OD PK 13+589 | 13+589 | ALCANTARILLA | 1200 | 61,75 |  |
| UF2-C1 | OD PK 13+770 | 13+770 | ALCANTARILLA | 900 | 44,11 |  |
| UF2-C1 | OD PK 14+145 | 14+145 | ALCANTARILLA | 1200 | 95,08 |  |
| UF2-C1 | OD PK 14+310 | 14+310 | ALCANTARILLA | 900 | 38,71 |  |
| UF2-C1 | OD PK 14+390 | 14+390 | ALCANTARILLA | 900 | 33,82 |  |
| UF2-C1 | OD PK 14+550 | 14+550 | ALCANTARILLA | 900 | 45,28 |  |
| UF2-C1 | OD PK 14+689 | 14+689 | ALCANTARILLA | 900 | 34,32 |  |
| UF2-C1 | OD PK 14+832 | 14+832 | BOX |  | 73,20 | 2,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 14+915 | 14+915 | BOX |  | 52,21 | 2,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | ODT PK 0+094 VI | 0+094 VI | ALCANTARILLA | 1200 | 44,11 |  |
| UF2-C1 | OD PK 14+963 | 14+963 | BOX |  | 60,22 | 2,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 15+108 | 15+108 | ALCANTARILLA | 1200 | 18,54 |  |
| UF2-C1 | OD PK 15+111 | 15+111 | BOX |  | 217,22 | 2,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 15+265 | 15+265 | BOX |  | 158,92 | 3,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 15+267 | 15+267 | ALCANTARILLA | 1200 | 30,75 |  |
| UF2-C1 | OD PK 15+686 | 15+686 | BOX |  | 51,08 | 3,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 15+743 | 15+743 | ALCANTARILLA | 1800 | 49,29 |  |
| UF2-C1 | OD PK 15+874 | 15+874 | BOX |  | 78,33 | 2,50m x 2,50m. |
| UF2-C1 | OD PK 15+915 | 15+915 | ALCANTARILLA | 1200 | 36,36 |  |
| UF2-C1 | OD PK 16+161 | 16+161 | ALCANTARILLA | 1500 | 45,87 |  |
| UF2-C1 | OD PK 16+259 | 16+259 | ALCANTARILLA | 900 | 27,25 |  |
| UF2-C1 | OD PK 16+389 | 16+389 | ALCANTARILLA | 1500 | 40,54 |  |
| UF2-C1 | OD PK 16+509 | 16+509 | ALCANTARILLA | 900 | 24,67 |  |
| UF2-C1 | OD PK 16+682 | 16+682 | ALCANTARILLA | 1200 | 36,19 |  |
| UF2-C1 | ODT PK 0+044 VI | 0+044 VI | ALCANTARILLA | 900 | 23,60 |  |
| UF2-C1 | ODT PK 0+095 VI | 0+095 VI | ALCANTARILLA | 900 | 16,06 |  |
| UF2-C1 | ODT PK 0+085 VI | 0+085 VI | BOX |  | 71,64 | 2,50m x 2,50m. |
| UF2-C1 | OD PK 17+519 | 17+519 | ALCANTARILLA | 1200 | 23,59 |  |
| UF2-C1 | OD PK 17+818 | 17+818 | ALCANTARILLA | 900 | 52,32 |  |
| UF2-C1 | OD PK 18+759 | 18+759 | ALCANTARILLA | 900 | 25,84 |  |
| UF2-C1 | OD PK 23+086 | 23+086 | ALCANTARILLA | 900 | 60,85 |  |
| UF2-C1 | OD PK 23+250 | 23+250 | ALCANTARILLA | 900 | 33,87 |  |
| UF2-C1 | OD PK 23+390 | 23+390 | ALCANTARILLA | 1200 | 35,14 |  |
| UF2-C1 | OD PK 23+695 | 23+695 | ALCANTARILLA | 1500 | 44,77 |  |
| UF2-C1 | OD PK 23+950 | 23+950 | BOX |  | 72,37 | 3,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 24+024 | 24+024 | BOX |  | 77,36 | 3,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 24+100 | 24+100 | ALCANTARILLA | 1200 | 103,65 |  |
| UF2-C1 | OD PK 24+610 | 24+610 | ALCANTARILLA | 1200 | 67,46 |  |
| UF2-C1 | OD PK 24+940 | 24+940 | BOX |  | 74,12 | 3,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 25+370 | 25+370 | ALCANTARILLA | 900 | 21,23 |  |
| UF2-C1 | OD PK 25+560 | 25+560 | ALCANTARILLA | 900 | 21,80 |  |
| UF2-C1 | OD PK 25+900 | 25+900 | ALCANTARILLA | 900 | 51,29 |  |
| UF2-C1 | OD PK 26+490 | 26+490 | BOX |  | 77,21 | 2,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 26+810 | 26+810 | BOX |  | 88,33 | 2,50m x 2,50m. |
| UF2-C1 | OD PK 27+500 | 27+500 | ALCANTARILLA | 900 | 41,04 |  |
| UF2-C1 | OD PK 27+750 | 27+750 | BOX |  | 56,21 | 2,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 27+900 | 27+900 | ALCANTARILLA | 1500 | 40,58 |  |
| UF2-C1 | OD PK 28+060 | 28+060 | ALCANTARILLA | 1500 | 32,13 |  |
| UF2-C1 | OD PK 28+250 | 28+250 | BOX |  | 60,37 | 3,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 28+610 | 28+610 | ALCANTARILLA | 1500 | 44,24 |  |
| UF2-C1 | OD PK 28+685 | 28+685 | ALCANTARILLA | 900 | 38,45 |  |
| UF2-C1 | OD PK 28+860 | 28+860 | ALCANTARILLA | 900 | 29,58 |  |
| UF2-C1 | OD PK 28+960 | 28+960 | ALCANTARILLA | 900 | 55,16 |  |
| UF2-C1 | OD PK 29+105 | 29+105 | ALCANTARILLA | 1500 | 84,61 |  |
| UF2-C1 | OD PK 29+325 | 29+325 | ALCANTARILLA | 1800 | 38,53 |  |
| UF2-C1 | OD PK 29+798 | 29+798 | ALCANTARILLA | 900 | 35,90 |  |
| UF2-C1 | OD PK 29+960 | 29+960 | ALCANTARILLA | 1200 | 38,70 |  |
| UF2-C1 | OD PK 30+720 | 30+720 | BOX |  | 85,87 | 3,00m x 2,00m. |
| UF2-C1 | OD PK 31+030 | 31+030 | ALCANTARILLA | 1800 | 45,96 |  |
| UF2-C1 | OD PK 32+090 | 32+090 | ALCANTARILLA | 900 | 62,10 |  |
| UF2-C1 | OD PK 32+520 | 32+520 | ALCANTARILLA | 900 | 71,32 |  |
| UF2-C1 | OD PK 32+625 | 32+625 | ALCANTARILLA | 1800 | 49,66 |  |
| UF2-C1 | OD PK 32+850 | 32+850 | ALCANTARILLA | 900 | 49,74 |  |
| UF2-C1 | OD PK 0+171 VI | 0+171 | ALCANTARILLA | 900 | 41,16 |  |
| UF2-C1 | OD PK 32+960 | 32+960 | ALCANTARILLA | 1200 | 57,60 |  |
| UF2-C1 | OD PK 33+055 | 33+055 | ALCANTARILLA | 900 | 37,24 |  |
| UF2-C1 | OD PK 33+300 | 33+300 | ALCANTARILLA | 1800 | 62,05 |  |
| UF2-C1 | OD PK 33+530 | 33+530 | ALCANTARILLA | 1200 | 62,54 |  |
| UF2-C1 | OD PK 33+700 | 33+700 | ALCANTARILLA | 900 | 48,15 |  |
| UF2-C1 | OD PK 13+083 | 13+083 | ALCANTARILLA | 1200 | 55,77 |  |
| UF2-C1 | OD PK 16+837 | 16+837 | ALCANTARILLA | 900 | 52,88 |  |
| UF2-C1 | OA-82 PK 20+770 | 20+770 | ALCANTARILLA | 900 | 14,00 |  |
| UF2-C1 | OA-83 PK 21+695 | 21+695 | ALCANTARILLA | 900 | 16,00 |  |
| UF2-C1 | OA-84 PK 22+060 | 22+060 | ALCANTARILLA | 900 | 63,5 |  |
| UF2-C1 | OA-85 PK 22+397 | 22+397 | ALCANTARILLA | 900 | 21,5 |  |
| UF2-C1 | Obra de arte Vía industrial Zodme 25UF2 |  | ALCANTARILLA | 900 | 57,5 |  |

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

##### Infraestructura de geotecnia

A continuación, se describen la infraestructura de geotecnia o de estabilización de taludes que se tendrán en cuenta para la ejecución del proyecto de “Construcción de la vía Remedios – Alto Dolores” para la UF1 y UF2, teniendo el análisis de taludes realizados para las obras a construir.

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

Para la descripción de las obras de estabilización de taludes se tiene en cuenta el informe presentado para el análisis de taludes, el cual se encuentra en el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.3.

Teniendo en cuenta los parámetros de resistencia se dan los parámetros de estabilidad de taludes para la UF1 y UF2, basados en:

* El terreno se supone una capa más superficial de los suelos superficiales de 10m de potencia y por debajo una capa de 20m de espesor de saprolito. A mayor profundidad se puede afirmar que aparece la roca medianamente sana.
* La excavación del talud produce una descomprensión y alteración en el saprolito que lo hace asimilable a los suelos residuales. Se estima en 4m el espesor mínimo de dicha alteración, en un ángulo igual a la inclinación media del talud (típicamente de 40°)
* Los parámetros resistentes de los suelos, saprolito y roca se presentan en la

Tabla 3‑25 Parámetros resistentes adoptados para el proyecto

| Material | Peso Específico (γ) kN/m3 | Cohesión (c ) Kpa | Rozamiento (φ) |
| --- | --- | --- | --- |
| Suelos Residuales | 19 | 12,5 | 35° |
| Saprolitos | 22 | 100 | 35° |
| Roca | 25 | Resistencia infinita: No desliza | |

Fuente (Grupo TYPSA Ingenieros Consultores y Arquitectos, 2013)

* Para la ejecución del proyecto “Construcción de la vía Remedios – Alto de Dolores, en el departamento de Antioquia” para las UF1 y UF2 se diseñan taludes de 5m, 15m y 20m
* La inclinación de la ladera se supone de 15°, valor típico en la zona.
* El coeficiente de seguridad frente a la ruptura se fija en un mínimo de F=1.50 para cargas permanentes. No se han calculado cargas accidentales (sismo), ya que los cálculos realizados en los proyectos de ISA demuestran que la hipótesis sísmica nunca es la hipótesis pésima o determinante.
* Se considera siempre un nivel freático alto, determinado por el pie del talud y algo por encima del contacto entre los suelos residuales y los saprolitos.
* Para cada una de las alturas de talud se ha analizado cuál es la inclinación óptima del talud y cuál es el sostenimiento más adecuado, en el caso de ser necesario.
* La inclinación del talud se ha tratado de adaptar en lo posible a la propuesta en los proyectos: 3H: 4V con bermas de 3 m de ancho cada 12 m de altura.

A continuación, se describen las características de los taludes analizados, teniendo en cuenta un bulón de tipo TITAN 40/16, con una sección transversal de 879mm2 y un acero de 590 Mpa de límite elástico. Esto proporciona una carga a tracción en limite elástico de unos 525Kn, aplicando un coeficiente se seguridad de 1,15, una carga máxima de 450 kN, mediante el modelamiento realizado por los programas del software DIPS y SWEDGE.

* Taludes de 5m de altura

Se ha calculado el talud típico de 5 m de altura con la inclinación fijada por el proyecto (3H: 4V). El resultado obtenido arroja un factor de seguridad de F=1.74, superior al exigido. No es necesario por lo tanto ningún tipo de sostenimiento. La Figura 3.13 muestra el análisis realizado para taludes de 5m.

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.13 Calculo del talud típico de H=5m con una inclinación de 3H:4V son sostener

Fuente (Grupo TYPSA Ingenieros Consultores y Arquitectos, 2013)

* Talud de 10m de altura

Con la inclinación inicial de 3H: 4V el talud de 10 m de altura no alcanza el coeficiente de seguridad requerido, obteniendo un F=1.30 cuando lo adecuado sería alcanzar un F=1.50.

Según este resultado, el diseño propuesto es tender un poco la inclinación del talud hasta alcanzar un 1H:1V. Con esta inclinación ya se alcanza prácticamente el coeficiente de seguridad F=1.50, según se observa en la Figura 3.14. Este diseño es preferible a emplear algún tipo de sostenimiento.

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.14 Cálculos del talud típico de H=10m, con inclinación de 1H:1V, sin sostener

Fuente (Grupo TYPSA Ingenieros Consultores y Arquitectos, 2013)

* Taludes de 15m de altura

En el talud de 15 m de altura se considera una berma de 3 m de ancho a 12 m de altura e inclinación de cada bancada del 3H:4V, lo que lleva a una inclinación media del talud de 45° (1H:1V). (Ver Figura 3.15)

Según se ha observado, el talud sin sostener presenta un factor de seguridad de F=1.20, que es inferior al exigido. Se aplica por lo tanto un sostenimiento con soil-nailing, habiéndose ajustado la longitud y la separación de los bulones hasta alcanzar el factor de seguridad de F=1.50.

El resultado de los cálculos indica que se requieren bulones del tipo TITAN 40/16 cada 4x4 m, de 5.5 m de longitud. (Ver Figura 3.16)

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.15 Cálculo del talud de H=15M con inclinación 3H:4V, con berma de 3m, sin sostener

Fuente: (Grupo TYPSA Ingenieros Consultores y Arquitectos, 2013)

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.16 Cálculo del talud típico de H=15M, con inclinación 3H: 4V con berma de 3m, sosteniendo con soil- nailing

Fuente: (Grupo TYPSA Ingenieros Consultores y Arquitectos, 2013)

* Talud de 20m de altura

El talud sin sostener arroja un factor de seguridad de F=1.14, insuficiente, por lo que se plantea un sostenimiento a base de soil-nailing en ambas bermas. Se han tanteado cuadrículas de bulones cada 3 m y cada 4 m, hasta alcanzar un factor de seguridad de F=1.50, con el siguiente resultado:

* Bulones cada 4x4 m: Se requiere que los bulones tengan una longitud de 7.5 m, por lo que la medición total es de 7x7.5/4 = 13.125 m/ml.
* Bulones cada 3x3 m: Se requiere que los bulones tengan una longitud de 5.5 m, por lo que la medición total es de 9x5.5/3 = 16.5 m/ml.

Se observa que es más interesante disponer los bulones a 4x4 m, por lo que se adoptará esa disposición. La Figura 3.17 y la Figura 3.18 muestran el cálculo realizado para un talud típico de 20m de altura.

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.17 Cálculo del talud típico H=20m, inclinación 3H:4V sostenido bulones a 4x4m

Fuente (Grupo TYPSA Ingenieros Consultores y Arquitectos, 2013)

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.18 Cálculo del talud típico de H=20m con inclinación 3H:4V sostenido con bulones a 3x3

Fuente (Grupo TYPSA Ingenieros Consultores y Arquitectos, 2013)

* Diseño de taludes

Teniendo en cuenta los análisis realizados para los taludes de 5, 10, 15 y 20m de altura, a continuación, la Tabla 3‑26 muestra el diseño adoptado de forma general para los taludes de corte excavado residual y saprolitos.

Tabla 3‑26 Resumen de diseño para los taludes de corte en suelo residual

| Altura (m) | Inclinación | Resultado sin sostener (F) | Sostenimiento | Medición de bulones | Aplicación |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 5 | 3H:4V, sin bermas | 1.74 | No requiere. Se podrá empradizar y tomar medidas para el control de drenajes | No hay | Costes de H<5m |
| 10 | 1H:1V, sin bermas | 1.50 | No requiere. Se podrá empradizar y tomar medidas para el control de drenajes | No hay | Cortes de 5<H<10 m |
| 15 | 3H:4V con berma de 3m a 12 m de altura | 1.20 | Soil-nailing: bulones autoperforantes TITAN 40/16 o similar de L=5.5m, cada 4x4.m. Tomar medidas de control de drenajes (cunetas, drenajes, entre otras) | 0.344 m/m2  5.50 m/ml | Cortes de 10<H<15m |
| 20 | 3H:4V con berma de 3m a 12 m de altura | 1.14 | Soil-nailing: bulones autoperforantes TITAN 40/16 o similar de L=7,0m, cada 3x3.m. Tomar medidas de control de drenajes (cunetas, drenajes, entre otras) | 0.469 m/m2  13.125 m/ml | Cortes de 15<H<20m |

Fuente (Grupo TYPSA Ingenieros Consultores y Arquitectos, 2013)

* Otras medidas para estabilización de taludes

A partir de los cálculos de estabilidad que se han realizado, se ha definido la inclinación más adecuada para los taludes de corte, y las medidas de estabilidad a aplicar en el caso de que sean necesarias. Las medidas de estabilidad que se adoptan para el desarrollo del proyecto son:

* Taludes en suelos residuales y saprolitos: La medida de estabilidad propuesta es el soil-nailing, que consiste en la introducción en el terreno de bulones autoperforantes de diferentes longitudes, solidarizados en superficie mediante una capa de 10 cm de concreto lanzado reforzado con malla metálica electrosoldada.
* Taludes en rocas sanas: Las medidas de estabilidad en este caso consisten en bulones pasivos de distintas longitudes (entre 3 m y 12 m) de barras de acero de diámetros ɸ25 mm a ɸ 40 mm, ancladas al terreno en toda su longitud mediante inyección de mortero de cemento. En la superficie del talud puede no ponerse nada en el caso de rocas muy sanas, solamente malla metálica reforzada con cables en el caso de que se observe una potencial caída de cuñas de grandes dimensiones, o concreto lanzado reforzado con malla en los casos de roca más alterada.
* Taludes de gran altura en rocas medianamente competentes: Existen algunos casos de taludes de gran altura, superior a los 75 m, que se excavan en rocas sanas aunque no demasiado competentes. En estos casos el sostenimiento mediante bulones pasivos de 12 m de longitud no es suficiente para estabilizar la excavación. En estos taludes se han complementado los bulones con vigas ancladas. Se trata de vigas horizontales de concreto reforzado, dispuestas a varias alturas en el talud, que se anclan al terreno mediante anclajes activos de cables de longitud 25 m a 35 m y cargas comprendidas entre los 1000 kN y los 1500 kN. En algunos casos las vigas continuas pueden sustituirse por dados de concreto.
* Taludes en rocas muy alteradas y en deslizamientos: En los casos más desfavorables de taludes en rocas descompuestas en los que existen deslizamientos naturales de ladera, se han adoptado medidas muy potentes, como son las pantallas de pilotes ancladas. Los pilotes tienen longitudes típicas de 20 m a 25 m, y normalmente se solidarizan en cabeza mediante una viga de atado de concreto reforzado, anclada al terreno mediante anclajes activos de cables tesados a 1000 a 1500 kN, según los casos

##### 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 del municipio de Vegachí u otro municipio.

#### Infraestructura asociada al proyecto

##### Campamentos permanentes y Transitorios

El proyecto “Construcción de la vía Remedios- Alto de Dolores” contará para su ejecución con un (1) Campamento habitacional de un área de 0,8 Ha, el cual se establecerá en la Cabecera del municipio de Vegachí, (Coordenadas Magna Sigma Origen Bogotá Este 920994, Norte 1240040) como se observa en la siguiente figura

|  |
| --- |
| C:\Users\ambiental1\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\CAMPAMENTO VEGACHI.PNG |

Figura 3.19 Campamento Vegachí

Fuente (ECOGERENCIA LTDA, 2016)

###### 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.

###### 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 ubicará 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.

###### Disposición de residuos

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

Se ubicarán 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, contará 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 servicios públicos de Vegachí, los residuos reciclables serán entregados a las asociaciones de recicladores de la zona en caso de que existan. Los otros residuos generados dentro de las instalaciones del campamento, serán manejados de acuerdo al plan de manejo.

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

Las zonas de almacenamiento de insumos, sustancias y combustibles contarán 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.

##### 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 de los viaductos, se ubicarán campamentos transitorios en el derecho de vía 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.

##### Sitios de acopio de material

Para el acopio de materia, este se ubicará en las áreas de las plantas de concreto y asfalto destinadas para este fin. También se destinarán en los frentes de obra área de acopio de material el cual se ubicará en el derecho de vía y será utilizado para las actividades realizadas.

##### Fuentes de Material

Para el desarrollo del proyecto “Construcción de la Vía Remedios – Alto de Dolores” se requerirá material para la construcción de vías y obras que involucran concreto como son las placas, los pilones, alcantarillas, box coulvert, Viaductos, cunetas, entre otras. Este material será obtenido de fuentes legalmente constituidas y reconocidas bajo licencia ambiental por la corporación autónoma CORANTIOQUIA y la Agencia Nacional de Minería (ANM). A continuación, la Tabla 3‑27 relaciona los títulos mineros con licencia ambiental en jurisdicción de CORANTIOQUIA.

Tabla 3‑27 Fuentes de material en el área del proyecto

| CÓDIGO RMN | MINERALES | MUNICIPIOS-DEPARTAMENTOS | TERRITORIALES | EXPEDIENTE CORANTIOQUIA | TIPO DE PERMISO |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| HFML-07 | Grava\ arena | AMALFI | ZENUFANÁ | ZF3-2005-3 | Licencia ambiental o plan de manejo ambiental |
| GJIE-01 | Demás concesibles\ materiales de construcción | CISNEROS\ SANTO DOMINGO\ YOLOMBÓ | ZENUFANÁ | ZF3-2010-14 | Licencia ambiental o plan de manejo ambiental |
| HGKL-01 | Grava\ arena | YONDO (CASABE) | ZENUFANÁ | ZF3-2006-3 | Licencia ambiental o plan de manejo ambiental |
| HIBJ-35 | Gravas naturales\ arena | PUERTO BERRÍO | ZENUFANÁ | ZF3-2010-21 | Licencia ambiental o plan de manejo ambiental |

Fuente: CORANTIOQUIA 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

##### Plantas de procesos

Para la ejecución del proyecto “Construcción de la vía Remedios- Alto de Dolores”, se proyecta la construcción de una (1) 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 de la vía Remedios- Alto de Dolores” contará con una (1) plantas de concreto, con una producción máxima de concreto 1.000 m3/día. La Tabla 3‑28 muestra la ubicación la planta.

Tabla 3‑28 Plantas de concreto

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nombre | Vereda | Municipio | Coordenadas Magna Sigma Origen Bogotá | | Área (ha) |
| Este | Norte |
| Planta de Concreto Camelia (UF1) | Camelia Quintana | Remedios | 928982 | 1257294 | 5,139 |

Fuente: Autopista Río Magdalena, 2015

La planta 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.

La planta contará con 3 silos, 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, 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.

La 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 la planta 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 una planta de hormigón marca Elba, modelo EBCB130, Esta planta tiene una capacidad de 130 a 150 m3 de hormigón compactado por hora.

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 premontaje 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.

Esta planta también cuenta con; limpieza automática de la mezcladora, filtro o Airbag para evitar emisiones de polvo, cubierta protectora frente a las influencias climáticas.

La 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 el detalle de las plantas los diseños para la planta de concreto y planta de asfalto

###### Planta de Asfalto

La planta de asfalto propuesta para el desarrollo del proyecto “Construcción de la vía Remedios- Alto de Dolores” contara con una (1) plantas de asfalto, con una producción máxima de concreto 1.000 ton/día, la Tabla 3‑29 muestra la ubicación de esta plana.

Tabla 3‑29 Plantas de asfalto

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nombre | Vereda | Municipio | Coordenadas Magna Sigma Origen Bogotá | | Área (Ha) |
| Este | Norte |
| Plan de Asfalto Camelia (UF1) | Camelia Quintana | Remedios | 928996 | 1257068 | 7,302 |

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 3‑30 muestra los materiales necesarios para la producción máxima en cada uno de las plantas.

Tabla 3‑30 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/día) | 180.000 | 10.000 |

Fuente: APIA XXI gpo, 2015

En el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.3, se podrá observar el detalle de las plantas los diseños para la planta de concreto y planta de asfalto, y las fichas técnicas de cada planta.

#### Infraestructura y servicios interceptados por el proyecto

Efectuado el recorrido en campo con el diseño geométrico propuesto y el equipo de reconocimiento de redes , se realizaron las identificaciones la infraestructura y servicios interceptados por el proyecto o cercanos a estos, las cuales se disgregaron por unidad funcional y por tipo de red como se relaciona a continuación:

##### Redes de Hidrocarburos

En la Tabla 3‑31 se relaciona los hallazgos de intersecciones en líneas de flujo de derivados de los hidrocarburos identificados en campo

Tabla 3‑31 Acta de hallazgos para redes de hidrocarburos

| **Interferencia No.** | Unidad Funcional | Identificación de la Red por tipo de servicio afectado (tuberías, ductos, cables) | PR Inicial | PR Final |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| AM2-IR-UF1-HC-001 | UF1 | Paralelo Tubería Poliducto | K50+840 | K51+040 |
| AM2-IR-UF1-HC-002 | UF1 | Cruce Tubería Poliducto | 69+400 | 69+400 |
| AM2-IR-UF2-HC-001 | UF2 | Transporte de Derivados del Petróleo | 0+600 - 0+720 |  |
| AM2-IR-UF2-HC-002 | UF2 | Transporte de Derivados del Petróleo | 1+200 |  |
| AM2-IR-UF2-HC-003 | UF2 | Transporte de Derivados del Petróleo | 2+100 |  |
| AM2-IR-UF2-HC-004 | UF2 | Transporte de Derivados del Petróleo | 3+100 |  |
| AM2-IR-UF2-HC-005 | UF2 | Transporte de Derivados del Petróleo | 13+100 |  |
| AM2-IR-UF2-HC-006 | UF2 | Transporte de Derivados del Petróleo | 17+800 |  |
| AM2-IR-UF2-HC-007 | UF2 | Transporte de Derivados del Petróleo | 18+200 |  |
| AM2-IR-UF2-HC-008 | UF2 | Transporte de Derivados del Petróleo | 18+300 |  |
| AM2-IR-UF2-HC-009 | UF2 | Transporte de Derivados del Petróleo | 19+260 | 19+600 |
| AM2-IR-UF2-HC-010 | UF2 | Transporte de Derivados del Petróleo | 29+120 | 29+270 |
| AM2-IR-UF2-HC-011 | UF2 | Transporte de Derivados del Petróleo | 29+400 |  |
| AM2-IR-UF2-HC-012 | UF2 | Transporte de Derivados del Petróleo | 29+670 | 29+750 |
| AM2-IR-UF2-HC-013 | UF2 | Transporte de Derivados del Petróleo | 30+750 |  |
| AM2-IR-UF2-HC-014 | UF2 | Transporte de Derivados del Petróleo | 30+750 |  |

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

Las tuberías de hidrocarburos usualmente se encuentran enterradas a 2.50 m medidos desde la rasante de la vía; y en otras zonas dentro del derecho de vía, normalmente se encuentran a 1.50 m. Lo anterior, de acuerdo con lo estipulado en la normativa API 1102, específicamente en el numeral 4.4.3 de dicha norma, que cumplen con 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.

Tabla 3‑32 Profundidad mínima de la tubería en la vía

| MÍNIMA COBERTURA PARA CRUCES DE AUTOPISTAS | |
| --- | --- |
| UBICACIÓN | COBERTURA MÍNIMA |
| Bajo la propia Autopista | 4 Ft (1.2 m) |
| Bajo las demás superficies dentro del derecho de vía o desde el asiento de la zanja | 3 Ft (0.9 m) |
| Para tuberías que transportan HVL | 4 Ft (1.2 m) |

Fuente: API 1102

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.20 Esquema de cruce de tubería

Fuente: API 1102

En el anexo 3.2.3, carpeta 6 se puede consultar las fichas respectivas, el acta de hallazgos y el plan de manejo de redes, en el cual se indica en que consiste cada uno de los cruces encontrados, su descripción, las condiciones actuales de la tubería, el tipo de material, su diámetro (si se pudo identificar) y otras recomendaciones del caso.

##### Redes Eléctricas

A continuación, Tabla 3‑33 relaciona los hallazgos encontrados para redes eléctricas de las unidades funcionales UF1 y UF2.

En el anexo 3.2.3, carpeta 6 se puede consultar las fichas respectivas, el acta de hallazgos y el plan de manejo de redes, en el cual se indica en que consiste cada uno de los cruces encontrados, su descripción, las condiciones actuales de la red.

Tabla 3‑33 Acta de hallazgos para redes eléctricas

| Interferencia No. | Unidad Funcional | Identificación de la Red por tipo de servicio afectado (tuberías, ductos, cables) | PR Inicial | PR Final |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| AM2-IR-UF1-EL-001 | UF1 | Cruce Línea de Energía | K35+080 | K35+080 |
| AM2-IR-UF1-EL-002 | UF1 | Cruce Línea de Energía | K37+200 | K37+200 |
| AM2-IR-UF1-EL-003 | UF1 | Cruce Línea de Energía | K37+580 | K37+580 |
| AM2-IR-UF1-EL-004 | UF1 | Cruce Línea de Energía | 43+423 | K43+423 |
| AM2-IR-UF1-EL-005 | UF1 | Cruce Línea de Energía | 43+500 | K43+730 |
| AM2-IR-UF1-EL-006 | UF1 | Cruce Línea de Energía | K43+500 | K43+730 |
| AM2-IR-UF1-EL-007 | UF1 | Cruce Línea de Energía | 43+610 | K43+610 |
| AM2-IR-UF1-EL-008 | UF1 | Cruce Línea de Energía Alta Tensión | K43+900 | K43+950 |
| AM2-IR-UF1-EL-009 | UF1 | Cruce Línea de Energía | K44+480 | K44+480 |
| AM2-IR-UF1-EL-010 | UF1 | Cruce Línea de Energía Alta Tensión | K45+800 | K45+800 |
| AM2-IR-UF1-EL-011 | UF1 | Cruce Línea de Energía Alta Tensión | K47+860 | K47+860 |
| AM2-IR-UF1-EL-012 | UF1 | Cruce Línea de Energía | K48+050 | K48+050 |
| AM2-IR-UF1-EL-013 | UF1 | Cruce Línea de Media Tensión | K50+380 | K50+380 |
| AM2-IR-UF1-EL-014 | UF1 | Red de Media Tensión | K51+113 | K51+113 |
| AM2-IR-UF1-EL-015 | UF1 | Cruce Línea de Energía | K51+760 | K52+000 |
| AM2-IR-UF1-EL-016 | UF1 | Cruce Línea de Energía | K52+260 | K52+400 |
| AM2-IR-UF1-EL-017 | UF1 | Paralelismo Línea de Energía vía proyectada | K52+770 | K52+850 |
| AM2-IR-UF1-EL-018 | UF1 | Cruce Línea de Energía | K52+850 | K52+970 |
| AM2-IR-UF1-EL-019 | UF1 | Cruce Línea de Energía Alta Tensión | K53+360 | K53+400 |
| AM2-IR-UF1-EL-020 | UF1 | Cruce Línea de Energía | K54+600 | K54+600 |
| AM2-IR-UF1-EL-021 | UF1 | Paralelismo Línea de Energía | K68+720 | K68+720 |
| AM2-IR-UF1-EL-022 | UF1 | Cruce Línea de Energía | K69+980 | K70+000 |
| AM2-IR-UF1-EL-023 | UF1 | Paralelismo Línea de Energía | K70+400 | K70+600 |
| AM2-IR-UF2-EL-001 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K0+600 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-002 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K1+400 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-003 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K2+200 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-004 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K4+500 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-005 | UF2 |  | K5+900 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-006 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K6+400 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-007 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K6+600 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-008 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K7+200 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-009 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K8+000 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-010 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K8+000 | K9+200 |
| AM2-IR-UF2-EL-011 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K9+200 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-012 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K12+400 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-013 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K12+600 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-014 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K13+900 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-015 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K14+000 | K14+600 |
| AM2-IR-UF2-EL-016 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K15+000 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-017 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K15+200 | K15+600 |
| AM2-IR-UF2-EL-018 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K17+000 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-019 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K17+500 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-020 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K18+800 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-021 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K19+260 | K19+600 |
| AM2-IR-UF2-EL-022 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K20+800 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-023 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K21+500 |  |
| AM2-IR-UF2-EL-024 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K31+500 | K32+500 |
| AM2-IR-UF2-EL-025 | UF2 | Transporte Energía Eléctrica, Energía Eléctrica y Alumbrado Público. | K33+500 |  |

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

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 resoluciones 950 de 2006 y 761 de 2015.

Al realizar el diseño se tuvieron 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 ciertos 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 obra y se describe en el plan de traslado de redes.

En el diseño de redes de energía se utilizarán 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 puede ser consultado en el anexo 3.2.3, carpeta 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, como se relaciona en la siguiente figura y tablas.

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.21 Distancia “d” y “d1” en cruces y recorridos de vías.

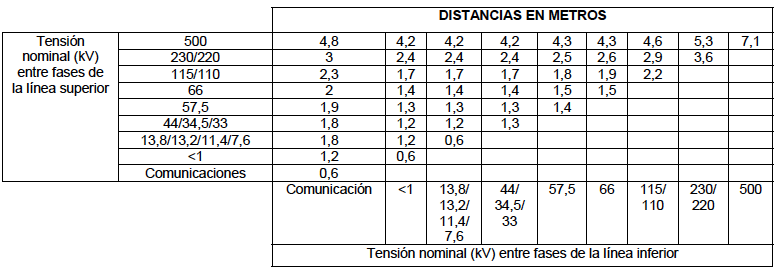
Fuente: Articulo RETIE 13.2

Tabla 3‑34 Distancias mínimas de seguridad - diferentes situaciones



Fuente: Articulo RETIE 13.2

Tabla 3‑35 Distancias mínimas en vanos con líneas de diferentes tensiones



Fuente: Articulo RETIE 13.2

##### Redes de Telecomunicaciones

La UF1 es el único razado en el cual se hallaron redes de telecomunicaciones, como se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 3‑36 Acta de hallazgos para redes de telecomunicaciones

| Interferencia No. | Unidad Funcional | Identificación de la Red por tipo de servicio afectado (tuberías, ductos, cables) | PR Inicial | PR Final |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| AM2-IR-UF1-TL-001 | UF1 | Red de fibra óptica | K35+510 | K35+510 |
| AM2-IR-UF1-TL-002 | UF1 | Red de fibra óptica | K35+600 | K35+600 |
| AM2-IR-UF1-TL-003 | UF1 | Línea de Fibra Óptica | K52+840 | K52+970 |
| AM2-IR-UF1-TL-004 | UF1 | Paralelismo Línea de Fibra Óptica | K53+280 | K53+300 |
| AM2-IR-UF1-TL-005 | UF1 | Paralelismo Línea de Fibra Óptica | K53+310 | K53+310 |
| AM2-IR-UF1-TL-006 | UF1 | Paralelismo Línea de Fibra Óptica | K53+420 | K53+420 |
| AM2-IR-UF1-TL-007 | UF1 | Paralelismo Línea de Fibra Óptica | K54+510 | K54+680 |
| AM2-IR-UF1-TL-008 | UF1 | Paralelismo Línea de Fibra Óptica | K54+710 | K54+775 |

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

Como criterio general a continuación se dan recomendaciones sobre lo concerniente a llevar a cabo las actividades de instalación de fibra óptica para las redes encontradas en el trazado proyectado:

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

Las fibras visualizadas en el recorrido efectuado, se pueden categorizar en:

* Fibra Auto soportada (ADSS), la cual tiene atado a ella un cable mensajero, al cual se le puede dar tensión, para templarla entre vanos.
* 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 alongarse bajo cargas de viento, el control de esta elongación lo ejercen las fibras de Armida integradas al cable, a mayor tensión, tiene que haber más Armida.

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; por ello para la escogencia del cable de fibra óptica dependen de: 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 en dos unidades por poste de retención, en rutas donde hay cambios de dirección y/o existen vanos mayores a 100.0 m. El herraje de retención puede llevar o no unas varillas que se utilizan para vanos mayores a 100.0 m, si el vano es menor de 100.0 m, se utiliza este herraje sin estas varillas.

Los Amortiguadores de vibración (Stock Bridge) o contrapesos, se utilizan en vanos de más de 130.0 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 canalizada.

###### Empalmes

Cuando se requieran 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.

Adicionalmente se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

* Se deben dejar como mínimo 5.0 m 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 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 soporte se puede colocar de 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.

En muchas ocasiones es necesario instalar postes más altos para cruzar vías o para pasar por encima de intercambios viales.

###### Instalación de cables

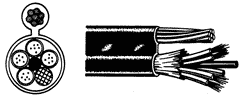
* Para el tendido de cables de fibra óptica aérea que sea cosida o devanada sobre un mensajero, se deben tener las mismas precauciones que se tienen al instalar cables telefónicos convencionales. A continuación se dan algunos lineamientos al respecto.
* No ocupar mucho espacio en la vía durante el montaje 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 sitio de fabricación.
* 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.

##### Redes de Acueducto

Tabla 3‑37 Acta de hallazgos para redes de acueducto

| Interferencia No. | Unidad Funcional | Identificación de la Red por tipo de servicio afectado (tuberías, ductos, cables) | PR Inicial | PR Final |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| AM2-IR-UF1-AC-001 | UF1 | Estación de Bombeo Acueducto Municipio de Remedios | K70+400 | K70+600 |
| AM2-IR-UF2-AC-001 | UF2 | Acueducto corregimiento Las Cruzadas | K5+700 |  |

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

En la Unidad funcional 1, sobre el PR 70+400 y en el municipio de Remedios, se encontró una (1) red de Acueducto, la cual avanza subterráneamente y que corresponde al propietario denominado AGUAS DEL NORDESTE S.A – E.S.P.

En la Unidad funcional 2, sobre el PR 5+700 y en el municipio de Maceo, se encontró una (1) red de Acueducto, la cual avanza subterráneamente y que corresponde al ACUEDUCTO DEL CORREGIMIENTO LAS CRUZADAS.

Estas interferencias consisten en tuberías de transporte de agua potable. Por consiguiente, se proponen soluciones de tipo protección por medio de cárcamos y traslados de tuberías si es necesario, ya que estas redes pertenecen a redes matrices de acueductos veredales y de corregimientos.

##### Plan de actuación

El plan de actuación surge a raíz de la identificación de los sitios de cruces para cada una de las tuberías expuestas. Por consiguiente y tras conocer los riesgos, su localización y medios técnicos y humanos disponibles para efectuar su cruce en cada una de nuestras unidades funcionales dispuestas UF1 y UF2, se efectúan las recomendaciones constructivas típicas con cada una de las actividades que se proyectan efectuar:

Para ser operativo el Plan de Actuación debe responder de forma clara, concreta y concisa a las preguntas "¿qué se hará?, ¿quién lo hará?, ¿cuándo?, ¿cómo? y ¿dónde se hará?; coordinando la organización humana con los medios que la posibiliten. En este capítulo, se contemplarán e incluirán los siguientes aspectos para cada uno de los procedimientos previstos:

* Protección de tuberías mediante el recubrimiento por medio de cárcamos perimetrales.
* Traslado de tuberías de PVC.
* Hincado de postes.
* Desmonte de líneas.
* Tendido de red de baja tensión y media tensión.
* Tendido de fibra óptica.
* Desmonte y montaje de transformadores.

Es de anotar que para cada una de las empresas dueñas de las tuberías, se les deberá avisar previamente antes del procedimiento y de acuerdo al programa de trabajo constructivo realizado por el contratista que designe la concesión para la ejecución de las obras. Por tal motivo, deberán levantarse las actas correspondientes de verificación y del estado en el momento en que se realice el respectivo cruce.

###### Procedimiento para la protección de tuberías mediante el recubrimiento por medio de cárcamos perimetrales.

* Descripción

Se refiere a la reglamentación de los materiales para las estructuras de protección (cárcamos) en los ductos de redes nuevas, instalación de ductos por ampliación o renovación de infraestructura de servicios públicos, dentro de las estructuras de pavimento y/o por cambios en la rasante que queden superficialmente instaladas, o que por requerimientos técnicos de la EMPRESA ACTUANTE se deban proteger. Así mismo, establece el alcance y su ámbito de aplicación.

Deberá considerarse el empleo de cárcamos para protección de tuberías, cuando se presente alguna de las siguientes situaciones:

Cruce de calzada en profundidad menor a 1.0 m, respecto a la rasante cuando así lo requieran las EMPRESAS ACTUANTES, sin importar su profundidad. Se podrá omitir el empleo de cárcamos, solamente si la tubería a instalar corresponde a tubos de mayor resistencia, que puedan soportar las cargas vehiculares con menor recubrimiento y previa autorización por parte del interventor de la obra. La profundidad corresponde a la medida de la cota clave del ducto más superficial.

* Tipos de cárcamos

Los cárcamos en función de sus materiales pueden ser de dos tipos: En concreto y en mampostería (paredes en mampostería con placa de cubierta en concreto hidráulico).

* Cárcamos en concreto: Son elementos estructurales de protección para ductos, compuesto por paredes, base y tapa en concreto hidráulico reforzado. Estos elementos pueden ser prefabricados.
* Cárcamos en mampostería: Son elementos estructurales de protección para ductos, compuestos por paredes en mampostería (ladrillo), el cual puede ser o no estructural dependiendo de las condiciones particulares y requerimientos de las EMPRESAS ACTUANTES, la placa superior es en concreto hidráulico reforzado; por otro lado toda la estructura del cárcamo estará apoyada sobre cualquiera de las siguientes alternativas: terreno natural, capa de mejoramiento, placa en concreto o ladrillo.
* Materiales
* Concreto: Los concretos empleados en las estructuras de los cárcamos de protección, deberán cumplir con los siguientes requisitos mínimos: Resistencia de diseño a compresión a los 28 días, mínima de f`c=3000 psi (21 Mpa). Tamaño máximo de agregados (entre 38.1 mm (11/2") y 9.53 mm (3/8")). Relación agua/cemento máxima permitida definida en el diseño de mezcla. Asentamientos máximos permitidos u otras medidas de consistencia (definidos en el diseño). Para concretos de limpieza la resistencia mínima deberá ser de f`c=2500 psi (17 Mpa). Deberá cumplir con lo exigido en la Norma NTC-3318 “Concretos”. Producción de concretos”, adicionalmente cada uno de los componentes de la mezcla de concreto deberá cumplir con las siguientes normas: Cemento Pórtland: NTC 121 y NTC 321. Agregados pétreos: deben cumplir con los requisitos establecidos en la NTC 174 (ASTM C 33). Agua: deberá cumplir con lo establecido en la norma NTC 3459.
* Refuerzo: El acero de refuerzo deberá cumplir con los requisitos de la norma colombiana de diseño sismo resistente NSR-98, Titulo C “Concreto Estructural” o la vigente, se podrán emplear acero de refuerzo de fy=36000 psi (240 MPa) o fy=60000 psi (420 Mpa).
* Mampostería: Las piezas de mampostería de arcilla a emplear deberán cumplir con lo establecido por las normas NTC 4205 y NTC 4017.
* Material de relleno interno: El material a emplear como relleno interno del cárcamo, en el cual quedarán inmersos los ductos deberán ser materiales granulares (arenas o gravas).
* Placa superior: La tapa o placa superior de los cárcamos, deberá ser en concreto reforzado y cuyo espesor será el definido por el diseño correspondiente, estos elementos serán prefabricados, siguiendo en cualquier caso los requisitos particulares de cada EMPRESA ACTUANTE.
* Requerimientos para la ejecución de los trabajos

Los cruces de calzadas con ductos de redes de las EMPRESAS ACTUANTES, deberá realizarse de acuerdo con lo que se indica a continuación: Cuando se presente el cruce de varios tipos de redes estas deberán realizarse de manera independiente y los cárcamos se construirán de manera tal que no se sobrepongan unos con otros. De ser posible por el tipo de intervención y si las EMPRESAS ACTUANTES lo consideran pertinente, se podrá construir una sola estructura para alojar redes de la misma naturaleza. Las actividades necesarias para la cimentación y construcción de los cárcamos, deberán garantizar la seguridad, limpieza y apuntalamiento necesario, o lo indicado en el diseño particular de la estructura en caso de contar con uno.

En pavimentos asfálticos y para vías, en la zona donde se instale el cárcamo deberá colocarse una geomalla para capas asfálticas, de tal manera que cubra el área igual al ancho del cárcamo y 20.0 cm adicionales a cada lado de la estructura.

Uso de cárcamo en función del tipo de red a proteger: Los cárcamos protegerán los ductos de las redes de servicios públicos que crucen calzada, las redes a las cuales aplica lo indicado en el presente documento se agrupan en las siguientes: redes secas, redes eléctricas, redes de voz y datos (telecomunicaciones), redes húmedas, redes de gas, redes de oleoductos, redes de acueducto y redes de alcantarillado. De acuerdo con cada grupo de red se establece el tipo de protección, sin embargo las estructuras que en su momento la interventoría del proyecto apruebe para el mismo o para condiciones especiales prevalecerán sobre las descritas en este documento.

* Las redes eléctricas: Estos cárcamos deberán construirse de acuerdo con lo indicado en las normas vigentes.
* Redes de voz y datos (telecomunicaciones): Los cárcamos correspondientes a las redes de voz y datos (redes telefónicas, líneas de fibra de óptica y otras), se deberán realizar de acuerdo a lo estipulado en las normas de construcción de cada una de las empresas de servicios públicos correspondientes.
* Para el caso de otro tipo redes las relacionadas que se encuentren vigentes.
* Redes de gas: Los cárcamos correspondientes a las redes de gas, deberán realizarse de acuerdo con lo estipulado en las normas de construcción de Gas Natural.
* Tuberías de Acero o Plástico: Con elementos prefabricados en concreto o cárcamos con ladrillos estructurales.
* Redes de acueducto y alcantarillado: Los cárcamos para protección de tuberías de acueducto y alcantarillado deben seguir las recomendaciones establecidas en las normas técnicas de la Empresa correspondiente.
* Procedimientos constructivos

Instalación de tuberías: Se requiere que las tuberías de cualquier material, queden alojadas en zanjas para obtener la máxima protección. Sin embargo, tuberías de acero o fierro fundido se podrán instalar superficialmente garantizando su protección y seguridad. En el caso de tuberías de redes secas, redes eléctricas, redes de voz y datos (telecomunicaciones), redes húmedas, redes de gas, redes de oleoductos, redes de acueducto y redes de alcantarillado gas, PVC, etc., la instalación se hará siempre en zanja. Por consiguiente su procedimiento se hará de la siguiente manera:

* La excavación se hará a la profundidad y con el ancho variable según sea el diámetro de la tubería y el tipo de material en que se haga la excavación.
* Preparativos: Se debe localizar con la mayor precisión posible, el sitio por el que pasa la tubería de distribución.
* Se procede a realizar una excavación con 40 cm de ancho y 60 cm de profundidad como mínimo. La excavación se realizará a mano, procediendo con precaución para evitar que se dañe la infraestructura que exista (Agua, alcantarillado, petróleo, teléfono, electricidad, etc.). Cuando se encuentre infraestructura existente, deberán hacerse los preparativos necesarios para que se instale en su totalidad sobre terreno firme, sin que ninguna de sus partes toque dicha infraestructura.
* Sondeo con barreno manual: Se realiza una excavación por medio de barreno manual o calicatas, a una profundidad máxima de 2.0 m, con el fin de realizar la revisión al suelo de soporte de la tubería.
* El fondo de la zanja: Debe ser plano y estar limpio, posteriormente se coloca una capa de arena con 5 cm de espesor en el eje vertical del tubo. El fondo de la zanja debe ser plano y correctamente perfilado, eliminando piedras, raíces, afloramientos rocosos, antes de colocar la capa.
* 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.
* El tubo debe descansar siempre sobre un lecho apisonado de arena de río fina. El lecho de arena de río sobre la que se sienta la tubería, puede tener diferentes espesores, en función de su diámetro, pero en ningún caso menor de 10 cm. Las tuberías deben quedar perfectamente sentadas sobre el lecho para evitar fracturas.
* Una vez unidas las tuberías, deberán alinearse para evitar esfuerzos por flexión.
* Las tuberías de fluidos deberán ser confinadas lateralmente con arena fina.
* Las puntas de la tubería instalada deberán ser tapadas provisionalmente, para evitar la entrada de basura. Por ningún motivo deberán instalarse en una misma zanja tuberías de agua potable y drenaje sanitario.
* Rellenos: El relleno superior, una vez colocadas las tuberías deberá ser de arena fina debidamente compactada al 90% de su ensayo de PROCTOR MODIFICADO, con un espesor mínimo de 150 cm. a partir del lomo de la tubería.
* El relleno superior que va sobre los 150 cm antes especificados puede ser instalado cuando no exista pavimento, en caso de pavimentación todo el relleno debe ser compactado al 95% del P.M y comprobado por medio de laboratorio. La última capa deberá ser mínimo de 15 cm de espesor y deberá compactarse al 95% del P.M.
* En el caso de intervenir pavimentos existentes, estos deben ser restituidos íntegramente incluyendo bases y sub-bases.
* Atraques: Los atraques serán fabricados en concreto con un f’c = 150 Kg/cm2.
* El Tamaño y tipo de atraque por instalar depende de los esfuerzos que se produzcan.
* En casos especiales deberán ser calculados estructuralmente y presentados para su revisión a la interventoría.
* Todas las transiciones de las líneas de tuberías que conforman las redes, tales como: Cambios de dirección, cambios de diámetro, cambios del material de las tuberías, seccionamientos y conexiones, deberán realizarse utilizando piezas especiales. Los materiales de las piezas especiales a utilizar dependerán de los siguientes factores: Material de las tuberías a conectar y naturaleza del terreno.
* Válvulas: Todas las válvulas de seccionamiento deberán quedar debidamente alojadas, dentro de las cajas de válvulas, de manera que se garantice su protección y correcta operación.
* Cajas de válvulas: Las cajas de válvulas se construirán considerando que todas las piezas (marco, contramarco y tapa) deberán ser del tipo pesado.
* Planos actualizados: Una vez concluidos los trabajos de introducción de líneas a replantear, el contratista deberá entregar al interventor los plano(s) de obra terminada para la autorización respectiva.
* Pruebas a la red: Tuberías: Toda tubería deberá ser sometida a pruebas hidrostáticas, mediante bomba de prueba de acuerdo con el tipo y clase de tubería para verificar que no haya fugas, que el acoplamiento haya sido correcto y que la tubería esté en buen estado. Durante las pruebas Hidrostáticas deberán estar la interventoría y las ENTIDADES ESPECÍFICAS encargadas del cruce, quienes por escrito aprobarán o rechazarán las líneas probadas hidrostáticamente.
* Se probarán tramos no mayores a 500 m. En casos especiales dicha aprobación será a juicio del interventor. El aumento de la presión en las tuberías se hará hasta alcanzar 1.5 veces la presión de trabajo de acuerdo a las especificaciones del fabricante y deberá sostenerse por lo menos durante 2 horas continuas. La prueba hidrostática se deberá efectuar como mínimo 3 días después de terminado el último atraque. Se deberá notificar previamente y por escrito al interventor, con dos días hábiles de anticipación, la fecha y hora de la prueba, para que el personal del mismo este presente durante su desarrollo. No se permitirán pruebas neumáticas. Todas las tuberías después de su instalación y antes de ser puestas en servicio deberán ser lavadas y desinfectadas. Para el lavado de la tubería, se requiere inyectar agua por un extremo, a una velocidad aproximada de 1.8 m/s y dejar abierto el extremo opuesto de la línea: Esto hará remover y desalojar las posibles materias extrañas.
* Piezas especiales: Las pruebas a piezas especiales deberán realizarse con cargo al contratista por un laboratorio reconocido.
* Las conexiones de las redes a la Red General del Sistema, se realizarán una vez aprobadas por parte de la interventoría, debiendo solicitar por escrito dicha autorización para poder hacer la conexión por su cuenta. La conexión sin la autorización implicará una sanción económica.
* Acoplamiento del Ramal a la Línea de Distribución: El acoplamiento se realiza con los distintos elementos diseñados para tal fin y dependerá del material utilizado en la construcción de la línea de distribución, así como de la etapa de instalación de las tomas (red de distribución en funcionamiento o antes de iniciar su operación). En todos los casos se cuidará que la salida de la toma tenga una inclinación de 45 grados con respecto a la vertical, para facilitar la formación del cuello de ganso en el tubo.

La Figura 3.22 muestra el esquema de cárcamo de protección

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.22 Cárcamo de protección de ladrillo y concreto

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

* Limitaciones

No aplica para condiciones especiales o particulares que no estén contempladas en las especificaciones propias de cada EMPRESA en particular. Así mismo si las condiciones de la estructura de pavimento, por servicio o cargas, requieren de una solución diferente a lo descrito en este documento, no aplica y deberá considerarse una solución particular propuesta por el constructor e interventoría del proyecto.

Estas actividades 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.

##### Procedimiento para el traslado de tuberías de P.V.C o similares.

###### Descripción

Se refiere a la reglamentación necesaria para el traslado de tuberías de P.V.C o similares para los ductos de redes nuevas, instalación de ductos por ampliación o renovación de infraestructura de servicios públicos, dentro de las estructuras de pavimento y/o por cambios en la rasante que queden superficialmente instaladas, o que por requerimientos técnicos de la EMPRESA ACTUANTE se deba proteger. Así mismo, establece el alcance y su ámbito de aplicación.

###### Requerimientos para la ejecución de los trabajos

Instalación de tuberías en PVC con instalación subterránea manualmente: Este sistema se empleará cuando lo señale la Interventoría, para evitar el daño de zonas verdes, andenes, cordones y/o cunetas o cualquier otra estructura. Se debe tener precaución para no interferir con las redes de otros servicios como energía, teléfonos, gas, acueducto y alcantarillado. Queda a criterio del Contratista la clase de equipo que utilizará, siempre y cuando se ajuste a los rendimientos de trabajo.

Instalación de tuberías para PVC con equipo PERFORADOR SUBTERRÁNEO: Este sistema se empleará cuando se indique en los planos o lo señale la Interventoría, para evitar el daño en vías de mucho tráfico o de muy buenas especificaciones y en otros casos en que se estime conveniente. Para adelantar estos trabajos se harán los nichos necesarios para colocar los equipos de perforación y para hacer los empalmes, causando el menor daño posible a la vía. Se debe tener precaución para no interferir con las redes de otros servicios como energía, teléfonos, gas, acueducto y alcantarillado. Queda a criterio del Contratista la clase de equipo (eléctrico o neumático) que utilizará, siempre y cuando se ajuste a unos rendimientos de trabajo.

###### Procedimientos constructivos

Construcción de la Red: En la instalación de tuberías de drenaje, la profundidad de la zanja para la instalación de tuberías, se hará en función de los niveles de terreno natural, los niveles de diseño y el ancho de la zanja.

La profundidad mínima debe satisfacer las siguientes condiciones:

* El colchón mínimo necesario para evitar rupturas del conducto ocasionadas por cargas vivas, que en general para tuberías con diámetros hasta de 45 cm, se acepta de 90 cm y para diámetros mayores de 45 cm, se acepta de 1.00 a 1.50 m.
* La base de arena de río sobre la que se sienta la tubería de drenaje, podrá tener diferentes espesores en función de su diámetro. Nunca será menor de 10 cm de espesor. Para casos especiales podrá ser de gravilla.
* Las tuberías deberán quedar perfectamente sentadas sobre la base de arena de río para evitar fracturas.
* Las tuberías deben quedar perfectamente alineadas tanto en lo horizontal como en lo vertical.
* Las tuberías de drenaje deberán ser confinadas lateralmente con arena fina compactada.
* El relleno superior que va sobre los primeros 30 cm, para casos en donde se va a pavimentar, debe ser compactado al 95% del P.M y comprobado por medio de laboratorio.
* La última capa que deberá ser mínimo de 15 cm de espesor, deberá compactarse al 95% del P.M.
* En el caso de intervenir pavimentos existentes, estos deben ser restituidos íntegramente incluyendo las bases y sub-bases.
* Por ningún motivo deberán instalarse en una misma zanja tuberías de agua potable y drenaje sanitario.
* Una vez terminados los trabajos, el contratista deberá entregar al interventor él o los plano(s) de obra actualizados, con los datos técnicos correspondientes como son; longitudes, elevaciones del terreno natural, pendientes diámetros, etc., para la autorización respectiva.
* Pozos de inspección: Deberán construirse pozos de inspección en cada cambio de dirección horizontal, transición de la sección o conexiones de conductos y cambio de pendiente.
* La separación máxima entre dos pozos de inspección deberá ser la adecuada para facilitar las operaciones de verificación y limpieza.
* El constructor deberá entregar todas las tuberías limpias de cualquier objeto extraño. En casos especiales el interventor de la obra podrá hacer modificaciones a las especificaciones por escrito ya sea en bitácora o documento aparte cuando este lo considere conveniente o necesario.
* Pruebas a la red: La tubería de drenaje que se instale, deberá probarse en su hermeticidad mediante presión, tanto en la línea como en las descargas. La prueba será hidrostática, no se permitirán pruebas neumáticas. El costo de las pruebas a la compresión de la tubería, será con cargo al constructor. Para la aprobación de la obra la tubería deberá superar las pruebas de absorción y las de hermeticidad.

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.23 Detalle de cruce típico para instalación de tubería

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

##### Hincado de postes.

###### Descripción

Con el fin de ampliar los conceptos de este procedimiento constructivo, se presenta a continuación una breve descripción identificando como se lleva a cabo este tipo de actividad, teniendo en cuenta todos los factores que pueden afectar su instalación.

###### Requerimientos para la ejecución de los trabajos

Cuando el cronograma de trabajo lo indique, se procederá con la operación de hincado de postes en los sitios donde lo muestre el diseño.

Se instruirá al personal sobre el trabajo que se llevará a cabo, las precauciones que se deben tener en el manejo de los postes para evitar daños o lesiones durante la movilización y el montaje.

Seguidamente se distribuirá el trabajo para alistar herramientas, transporte del personal hasta el sitio de montaje, delimitar y señalizar el área de trabajo, coordinar con la Interventoría la desenergización del circuito cuando la operación es para cambiar los postes existentes.

Se debe verificar que no existan redes aledañas que puedan obstruir los movimientos de la grúa o el poste durante el desmontaje o montaje.

*Trazado y replanteo*: Una vez adquirida la documentación necesaria el contratista procederá a realizar el trazado y replanteo de los sitios en donde se hincaran los postes.

Los puntos de ubicación definitiva de las estructuras serán debidamente marcados en el terreno con estacas o señales fácilmente identificables, y en zona urbana en los andenes mediante el uso de pintura, se identificará las puestas a tierra.

Se debe garantizar que con la ubicación de los postes no se obstruyan los accesos vehiculares o peatonales a los predios y que se cumplan con las distancias de seguridad de acuerdo con el RETIE. Es de anotar que el constructor estará obligado a devolver por su cuenta todo el material sobrante.

*Postes*: El transporte se hará de modo tal que los postes queden apropiadamente colocados sobre la plataforma del vehículo cuidando que a lo largo de su longitud, puedan producirse desequilibrios por puntos de apoyo mal ubicados lo cual ocasionaría rajaduras o fisuras en los postes.

Se evitarán las sacudidas bruscas durante el transporte.

Los postes no serán arrastrados ni golpeados.

En la carga y descarga de los vehículos se evitarán toda clase de golpes o cualquier otra fuerza actuante que pueda producir el agrietamiento de los postes.

Los postes deben ser cargados y descargados con grúa, sujetándolos en su centro de gravedad con bucles de cable de acero de extra alta resistencia.

Las operaciones de cargue y descargue de los postes debe efectuarse lentamente y deben colocarse por capas en las que los postes de la capa se encuentren orientados de la misma forma, es decir, bases a un lado y puntas de postes al otro.

Los separadores garantizan un espacio conveniente para rodear el poste con el estrobo, en el centro de gravedad.

*Apertura de hoyos*: Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las indicadas en el proyecto típico. Las excavaciones deben permanecer con demarcación de área que impida el acceso con la respectiva señalización preventiva de peligro y de restricción de acceso.

Las excavaciones no deben permanecer abiertas por un lapso de tiempo superior a 48 horas. Las tierras sobrantes deberán ser retiradas a las ZODME habilitados para la disposición final.

El fondo de la excavación deberá ser plano y suficientemente compactado a fin de distribuir adecuadamente las cargas verticales actuantes.

El constructor tomará las precauciones que sean necesarias a fin de evitar la inundación del hoyo una vez abierto.

En tierra estas excavaciones se harán con barra y pala cuando las dimensiones de la cimentación así lo permitan. Se evitará remover mucho el terreno para que éste no pierda consistencia en la zona inmediata alrededor del hoyo. Una vez que el terreno esté nivelado, las paredes de los hoyos serán perpendiculares al terreno.

En terrenos con agua en condiciones normales, se utilizará la bomba adecuada para bombear el agua filtrada y permitir el trabajo de excavación. Se realizará todo el proceso de colocación del apoyo lo más rápidamente posible, con el fin de evitar desprendimientos en las paredes del hoyo, aumentando las dimensiones del mismo.

En terreno con roca, el constructor utilizará taladros percutores neumáticos a gasolina o eléctrico para realizar la excavación real que se ajuste los más posible a la teórica.

*Cimentaciones*: Si en el momento de realizar las excavaciones se apreciase que las características del terreno difieren a las indicadas en el proyecto, el constructor lo comunicará al interventor del contrato siendo éste el que autorice un redimensionamiento nuevo de la cimentación.

Para todo caso se empleará concreto de (3500 psi). El mezclado del concreto se realizará siempre sobre superficies impermeables cuando se realice a mano, o en trompos mezcladores cuando así sea posible, procurando que la mezcla sea lo más homogénea.

El poste será sostenido a plomo adecuadamente hasta que el concreto haya fraguado evitando así pérdida de verticalidad o de alineación.

Al hacer el vertido, se realizará el vibrado manual de la mezcla con el objeto de hacer desaparecer los vacíos que pudieran formarse.

No se dejarán las cimentaciones cortadas, estas deberán ejecutarse con fundiciones continúas hasta su terminación. Sí por fuerza mayor hubiera de suspenderse y quedara sin terminar, antes de proceder de nuevo al concreto se levantará la capa anterior de lechada que tenga, con todo cuidado para no mover la piedra, siendo aconsejable el empleo suave del pico y luego del cepillo de alambre con agua, o solamente este último si con él basta. Más tarde se procederá a mojarlo con una lechada de cemento e inmediatamente se procederá de nuevo al hormigonado.

Tanto el cemento como los áridos serán medidos con elementos apropiados.

Para los apoyos de concreto, el pedestal de cimentación quedará a 10 cm por encima del nivel del suelo y se le dará una ligera pendiente hacia afuera de la base del poste para que sirva de desagüé.

Se tendrá la precaución de dejar un conducto para poder colocar el cable de tierra de los apoyos. Este conducto, en su parte superior, deberá coincidir a la altura de la salida del agujero para la línea de tierra que posee el apoyo.

*Preparación de la mezcla de concreto*: La dosificación de los materiales que constituyen el concreto se realizará en peso y de tal modo que la resistencia del hormigón sea la adecuada para el uso al que se va a someter. No se aplicará concreto cuando existan temperaturas superiores a 40 ºC o con vientos excesivos. Durante el fraguado y primer período de endurecimiento del concreto, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo mediante un adecuado curado.

*Izado de postes*: La localización de los postes, al estar a escala en los planos, podría variar en el terreno, teniendo el constructor la responsabilidad antes de proceder a la realización de los trabajos, de verificar la adecuada localización de los mismos y de sus retenidas, de tal forma que no interfieran con entradas o que originen otro tipo de obstrucciones. Se recomienda que sean izados con pluma o grúa, evitando que el aparejo dañe las aristas o montantes del poste.

Se compactará el fondo de la excavación y se realizará un solado con concreto de 2000 psi antes del izado de los postes, a fin de que el apoyo no se hunda en el terreno. Al terminar el proceso de izado los postes que no lleven retenidas deberán estar perpendiculares al suelo y perfectamente alineados.

*Reposición del terreno*: Las tierras sobrantes, así como los restos del concreto deberán ser enviadas a las ZODME autorizados. En caso contrario estas operaciones serán a cargo del constructor.

*Puesta a tierra*: Los apoyos de la línea deberán conectarse a tierra de un modo eficaz, de acuerdo con el Documento Criterios para el Diseño de Redes de Media y Baja Tensión y los planos de Normas de Construcción.

Luego de instalada la puesta a tierra el constructor realizará las mediciones pertinentes para verificar que el valor de la resistencia del electrodo cumpla con los requerimientos estipulados en la normativa vigente.

###### Procedimiento constructivo

* Solicitud del permiso de trabajo.
* Asegurarse de tener las herramientas y materiales necesarios y en buen estado.
* Charla de seguridad de 5 minutos efectuada por personal HSE y charla pre operacional efectuada por el encargado de la actividad, con el fin de dar a entender a todos los involucrados de la actividad sus respectivas funciones.
* En los postes deberá de estar montado (un) 1 oficial, para realizar el retiro de los amarres existentes en la línea.
* Los ayudantes deben recolectar los cables excedentes en carretes.
* Delimitar el área de trabajo y alejar el personal no autorizado de la zona.
* Identificar en campo el tipo de suelo presente del sitio.
* Realizar la excavación para cimentar el poste: Esta se puede hacerse 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.
* Amarrar el cable de la grúa en la marca del poste o 10 cm por arriba del centro.
* Amarrar una manila en la base del poste para dirigirlo hacia el hoyo.
* Realizar la mezcla de concreto, en caso de ser una cimentación autosoportada o suelo muy blando. Este procedimiento se puede hacer de manera manual.
* Llenar de concreto con 20 cm el fondo del hueco y dejar que endurezca, aproximadamente por una hora, hasta que soporte el peso del poste.
* Izar el poste con la grúa y colocarlo en el hueco.
* Aplomar y alinear el poste (dejar completamente vertical).
* Rellenar y apisonar muy bien para rellenar con concreto.
* Hacer maniobras para energizar nuevamente los circuitos que se hayan sacado de servicio.
* Retirar los desechos.
* Demarcar el sitio del hoyo.
* La hincada de la postería debe realizarse con especial cuidado, previendo la correcta orientación de las perforaciones de los postes para el posterior montaje de los herrajes.
* Durante la izada del poste se utilizarán templetes de manila, con los cuales se guiará el poste y se permitirá a su vez la correcta plomada del mismo.
* Esperar por lo menos dos (2) días para la instalación de los elementos conductores.
* Antes de reconectar el servicio, se debe verificar que no haya personal subido en las estructuras o postes de la red a energizar.
* Realizar el reintegro de material con la empresa que corresponda.

###### Requisitos de salud ocupacional

* El Personal vinculado al contratista deberá estar afiliado a la aseguradora de riesgos profesionales, en su nivel correspondiente (Alto para éste tipo de actividades).
* Personal en condiciones físicas y mentales aptas para la actividad.
* Certificación para trabajo en alturas.
* Uso de elementos de protección personal requeridos para la labor

###### Requisitos asociados a efectos conocidos

* Se deben efectuar mediciones de gases permanentemente cuando se trabaje en espacios cercanos a tanques de almacenamiento de combustibles.
* Para las subidas a los postes se requiere de línea de vida vertical la cual puede ser manila sintética certificada que garantice 5000 lbs de resistencia mecánica por cada trabajador.
* Siempre que se realicen actividades de hincado o retiro de postes cerca redes energizadas, se debe asumir que el poste se encuentra energizado.
* Aunque directamente no se esté trabajando con líquidos inflamables, la cuadrilla debe contar con kit ambiental que conste de guantes de nitrilo, aserrín, escoba, recogedor, pica y pala, al igual que bolsas rojas para disposición de residuos biológicos y/o contaminados; bolsas verdes para disposición de residuos inorgánicos; y bolsas negras para disposición de residuos orgánicos.

##### Desmonte y desenergizado de líneas.

###### Descripción

Esta descripción se describe única y exclusivamente para trabajos de redes eléctricas en línea muerta (desenergizadas); para el caso contrario de actividades en línea viva (energizada), se debe informar al cliente y a la coordinación HSE, con el fin de realizar un procedimiento específico.

###### Requerimientos para la ejecución de los trabajos

Para ejecutar este tipo de actividades se requiere actuar bajo los siguientes aspectos:

Maniobras para desenergizar

* Coordinar con el grupo de apoyo las aperturas y cierres de los circuitos.
* Comunicar al grupo de apoyo la suspensión del servicio.
* Efectuar las pruebas de ausencia de tensión.
* Probar cada una de las líneas con el detector de tensión.
* Hacer corte visible.
* Colocar las puestas a tierra en cada uno de los sitio de trabajo o en el poste sobre el cual se va a trabajar.

###### Maniobras de energización

* Retirar los Viaductos de baja tensión y puestas a tierra.
* Pedir al grupo de apoyo la energización del circuito.
* El grupo de apoyo confirma la energización del circuito.
* Se corrobora la energización y secuencia de fases.
* Se verifica el establecimiento del servicio.

###### Procedimientos constructivos

* Se debe cancelar cualquier actividad en condiciones de lluvia y/o tormenta eléctrica.
* Verificar la eliminación de riesgos potenciales a causa de la suspensión de la actividad.
* Los equipos y herramientas deben contar con inspección pre operacional diaria.
* Si en actividades de hincado de postería, se llegase a trabajar cerca de redes eléctricas energizadas, se debe gestionar con la persona encargada del centro de control, la posibilidad de desenergizar el circuito, mientras se realiza la ejecución de los trabajos.
* Se deben llevar a cabo las siguientes precauciones:
  + Corte visible.
  + Prueba de ausencia de tensión.
  + Bloqueo y etiquetado de los seccionamientos.
  + Puesta a tierra de todos los elementos del circuito.
  + Señalización.
* Para el caso en que no sea posible la desenergización del circuito, se aceptará la actividad como trabajo en red eléctrica energizada, informando al cliente y a la coordinación HSE, con el fin de realizar un nuevo procedimiento.
* Para el aterrizaje de equipo y redes, se requiere tener en cuenta el nivel de tensión a trabajar y calcular la sección y/o calibre del conductor tierra a utilizar, conectándose firmemente.
* Siempre que exista conductor neutro se debe tratar como fase.
* Mantener una comunicación clara con el equipo de apoyo, antes y durante el trabajo informando el avance de la actividad, la cual debe efectuarse en coordinación, con calma y habilidad.
* Aunque se trabaje en redes desenergizadas, se debe verificar la existencia de otros circuitos cercanos que se encuentren energizados, con el fin de mantener las distancias de seguridad.
* Los linieros deben de actuar como si estuviesen manipulando redes energizadas, siempre trabajando en una fase a la vez, manteniendo las demás alejadas y aisladas; al igual no deben portar joyas ni elementos metálicos.

###### Requisitos de salud ocupacional

* El Personal vinculado al contratista deberá estar afiliado a la aseguradora de riesgos profesionales, en su nivel correspondiente (Alto para éste tipo de actividades).
* Personal en condiciones físicas y mentales aptas para la actividad.
* Certificación para trabajo en alturas.

###### Requisitos asociados a efectos conocidos

* Se debe efectuar medición de gases permanentemente cuando se trabaje en espacios cercanos a tanques de almacenamiento de combustibles.
* Para las subidas a los postes se requiere de línea de vida vertical la cual puede ser manila sintética certificada que garantice 5000 lbs de resistencia mecánica por cada trabajador.
* Siempre que se realicen actividades de hincado o retiro de postes cerca redes energizadas, se debe asumir que el poste se encuentra energizado.
* Aunque directamente no se esté trabajando con líquidos inflamables, la cuadrilla debe contar con un kit ambiental que consta de guantes de nitrilo, aserrín, escoba, recogedor, pica y pala, al igual que bolsas rojas para disposición de residuos biológicos y/o contaminados; bolsas verdes para disposición de residuos inorgánicos y bolsas negras para disposición de residuos orgánicos.

##### Montaje de líneas primarias trifásicas de 34.5 y 13.2 KV

###### Descripción

En la presente descripción se dan los lineamientos necesarios y las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de redes a 13.2 y 34.5 KV para redes de Media y Baja Tensión. Así pues por consiguiente se incluyen las obras para las construcciones de tipo civil, el suministro y montaje de los materiales necesarios en la construcción y la puesta en servicio de las líneas eléctricas aéreas.

###### Requerimientos para la ejecución de los trabajos

El constructor deberá revisar todas las condiciones existentes que puedan afectar el normal desarrollo de los trabajos y deberá hacer un reconocimiento cuidadoso de la ruta de las líneas que le permita determinar los detalles de construcción de las instalaciones. El constructor debe cumplir con las políticas de HSE del contratante y debe implementar operativos de control de tráfico, de vigilancia, ambientales y de seguridad industrial.

El constructor será responsable ante el contratante y terceros de las obras que no cumplan con las respectivas normas y de todos los perjuicios debidos a sus operaciones, así como de cualquier tipo de proceso judicial asociado a éstas, debiendo en cada caso reparar todos los desperfectos ocasionados a calles, cercas, inmuebles, muebles, etc. El constructor deberá reparar a su propio cargo cualquier daño ocasionado a tuberías de agua, gas, alcantarillado, cualquier otro servicio, las aceras y vías, entre otros. El constructor debe avisar a los operadores de servicios públicos para coordinar los respectivos trabajos de iniciación.

En las reformas de redes con servicio, se debe garantizar el cumplimiento de los tiempos inicialmente aprobados; el constructor es responsable de restablecer el servicio a los usuarios en coordinación con el interventor. Adicionalmente es responsabilidad coordinar con cada una de las entidades interesadas, el desmontaje de estos servicios y así como la nueva colocación de los mismos por parte de la entidad después de que el constructor haya realizado sus instalaciones en la zona.

En todo caso el constructor será el responsable de la apariencia final de las líneas después de que estos servicios hayan sido recolocados en los postes. Todas las actividades deberán quedar soportadas con registro fotográfico de cada uno de los siguientes momentos:

* Situación antes de la intervención.
* Durante la ejecución.
* Situación final después de la intervención.

###### Trazado y replanteo

Se deberá contar con personal altamente calificado y utilizará instrumentos de alta precisión para obtener cantidades exactas.

El constructor replanteará la ubicación de las estructuras, ejes y vértices de la línea a construir. Los puntos de ubicación definitiva de las estructuras serán debidamente marcados en el terreno con estacas fácilmente identificables y en zona urbana, en los andenes mediante el uso de pintura, se identificará las puestas a tierra y retenidas.

###### Procedimientos constructivos

Para iniciar las labores del montaje de las líneas, se deben seguir los siguientes lineamientos.

* Se debe verificar previamente el buen manejo de los materiales. Adicionalmente verificar la limpieza de la franja y de la instalación y todas las medidas de seguridad industrial requeridas.
* Antes de extender el cable, se chequeará que las estructuras de apoyo estén debidamente instaladas y alineadas, así mismo corroborar si las vestidas de los postes están puestas correctamente según los diseños y la norma del operador local de la zona.
* Se debe verificar que los postes donde se van a alojar las líneas primarias que van a ser templadas, tengan sus respectivas retenidas, instaladas las mallas de tierra de cada estructura y que todo el equipo, material y herramienta se encuentren disponibles.
* En cada poste por donde va la línea se sube el operario con un par de cinchos y todo su equipo de seguridad. Su función primaria es ayudar a correr la línea sin tropiezos.
* El carrete se monta sobre unos gatos y se ubica en uno de los extremos de la red.
* En todos los postes debe estar montado un operario.
* La extendida se hace a mano con una manila amarrada a la punta del cable y halada por un operario y dos ayudantes.
* Una vez se realice la templada de línea con la verificación de la flecha, se debe amarrar los conductores a los aisladores, adicionalmente se verificará que los materiales cumplan con lo requerido.
* Chequear el retirado de todas las conexiones de tierra antes de energizar.
* Una vez listo para energizar, debe ser retirado todo el personal del área de trabajo previamente utilizada.
* Requisitos de salud ocupacional
* Uso de elementos de protección personal

##### Montaje de líneas primarias monofásicas y baja tensión abierta

###### Descripción

El presente numeral contempla los lineamientos necesarios para la ejecución de redes eléctricas en redes de baja tensión y tiene por objeto establecer las condiciones técnicas mínimas que deben cumplirse en la ejecución de dichas instalaciones, a fin de lograr lo siguiente:

* La seguridad de los objetos y las personas.
* La fiabilidad en su funcionamiento beneficiando la calidad del suministro.
* Coordinar el empleo de materiales normalizados en las Instalaciones de Baja Tensión.

###### Requerimientos para la ejecución de los trabajos

* Se debe verificar previamente el buen manejo de los materiales. Adicionalmente verificar la limpieza de la franja y de la instalación y todas las medidas de seguridad industrial requeridas.
* Antes de extender el cable, se chequearán que las estructuras de apoyo estén debidamente instaladas y alineadas, así mismo corroborar si las vestidas de los postes están puestas correctamente según los diseños y la norma del operador local de la zona.
* Se debe verificar que los postes donde se van a alojar las líneas primarias que van a ser templadas, tengan sus respectivas retenidas, instaladas las mallas de tierra de cada estructura y que todo el equipo, material y herramienta se encuentren disponibles. Así mismo los postes terminales deben tener los vientos adecuadamente montados y puestas a tierra instaladas.
* En cada poste por donde va la línea se sube el operario con un par de cinchos y todo su equipo de seguridad. Su función primaria es ayudar a correr la línea sin tropiezos.
* El carrete se monta sobre unos gatos y se ubica en uno de los extremos de la red.
* En todos los postes deberá de estar montado un operario.
* La extendida se hace a mano con una manila amarrada a la punta del cable y halada por un operario y dos ayudantes.
* Una vez se realice la templada de línea con la verificación de flecha se debe amarrar los conductores a los aisladores, adicionalmente se debe efectuar que los materiales cumplan con lo requerido.
* Es de anotar que el cable debe pasar de poste a poste. Cuando las puntas llegan al extremo final se amarra del herraje al poste. Del otro extremo se ancla la línea y de esta manera se va tensando hasta que un operador localizado en el medio indique el punto donde queda listo. Una vez finalizado se procede al grapado.
* Chequear el retirado de todas las conexiones de tierra antes de energizar.
* Una vez listo para energizar, debe ser retirado todo el personal del área de trabajo previamente utilizada.
* Requisitos de salud ocupacional
* Uso de elementos de protección personal

##### Montaje y desmontaje de transformadores

###### Descripción

Se desconectará el suministro eléctrico en el área del sistema de distribución donde se realizará el cambio del transformador o su restitución, para proceder a la desconexión y el desmontaje de transformadores, la estructura eléctrica, tensores de apoyo y cableados de comunicación existentes, de fibra óptica, multipar y telefónicos etc. y se procederá de la siguiente manera:

* Desmontar el transformador con sus accesorios.
* Desmontar la estructura eléctrica, crucetas, aisladores, herrajes, luminarias, etc.
* Retirar los soportes y líneas de comunicación tomando todas las precauciones necesarias para evitar daños en los sistemas de comunicación.
* Retiro de postes en mal estado con grúa.
* Instalación de postes nuevos.
* Se volverán a instalar los soportes del poste sean estos tensores de empuje o retención.
* Se Instalará la estructura eléctrica, crucetas, aisladores, herrajes, luminarias nuevas, entre otros.
* Se procederá al montaje de los transformadores con sus respectivas conexiones.
* Se volverán a ubicar los cables de los sistemas de comunicación existentes.
* Finalmente se realizarán las pruebas de Energización.

###### Requerimientos para la ejecución de los trabajos

El procedimiento para llevar a cabo esta actividad debe seguir los siguientes lineamientos:

* Inicialmente se quitará el poder eléctrico que llega al transformador, para lo cual se deberá desenergizar la línea de alimentación. Todo lo anterior con el apoyo de la EMPRESA ACTUANTE de la zona.
* Luego se aterrizarán los bushing del transformador para eliminar la energía acumulada en sus bobinados.
* A continuación, se realiza la desconexión, desmontaje de los transformadores existentes si es necesario.
* Después se realizan las pruebas de relación de transformación y de aislamiento eléctrico con la elaboración y legalización del protocolo de pruebas.
* De encontrarse un bushing roto o con fisuras, empaques en mal estado, el contratista deberá reemplazarlo.
* Luego de la limpieza y mantenimiento de los transformadores y con el aprobado de la EMPRESA ACTUANTE y la interventoría, estos equipos serán montados en la cruceta respectiva de los postes de medición, para su energización con la empresa eléctrica del sector.
* Los transformadores deberán quedar con un rotulo del tamaño apropiado para poder leerse desde el piso, letrero que deberá contemplar su identificación, capacidad, fecha y tipo del mantenimiento, nombre de contratista, etc.
* El Contratista si al dar mantenimiento al transformador se demora más de un día, deberá comunicar al contratante y a su vez a la EMPRESA ACTUANTE.

Es de anotar que este procedimiento se llevará a cabo para el mantenimiento de los transformadores, en caso de ser nuevos se obvia lo anterior y se deben tener en cuenta solamente los procedimientos para su energización.

###### Procedimiento constructivo

* Montaje de transformadores
* Recorrer el área y verificar los sitios indicados.
* Identificar el centro de distribución a intervenir.
* Delimitar el área de trabajo.
* Seleccionar el equipo y la herramienta necesaria.
* Hacer maniobras para los circuitos que energizan la zona de trabajo y cumplir con las distancias mínimas a otros circuitos.
* Si no existen soportes para el transformador colocarlo de acuerdo a las normas.
* Probar el aislamiento del transformador.
* Preparar el equipo para subir el transformador y el pararrayo, colocarle el estrobo, manila y asegurarlo.
* Izar, fijar y pernar el transformador.
* Bajar la tensión y aterrizar la carcasa del transformador y el neutro.
* Se instalará la puesta a tierra según las normas del operador local de la red y las exigencias del RETIE.
* El oficial hará los Viaductos entre pararrayos - caja y entre caja - línea en alambre de cobre No. 6, tal como indica la norma.
* Hacer maniobra para energizar los circuitos.
* Efectuar medidas de tensión y corriente al equipo instalado.
* Confirmar el restablecimiento del servicio y medir corriente y tensión en B.T con la pinza voltiamperimétrica.
* Retirar desechos.

Si hay necesidad de cambio de taps o de revisar secuencia de fases, se deberá desconectar nuevamente el transformador siguiendo las normas anotadas.

* Desmontaje de transformadores
* Recorrer el área y verificar los sitios de localización.
* Delimitar el área de trabajo.
* Seleccionar el equipo y la herramienta necesaria.
* Hacer maniobras para los circuitos que energizan la zona de trabajo y cumplir con las distancias mínimas a otros circuitos.
* Desconectar derivaciones en MT y BT.
* Preparar el equipo para bajar el transformador, colocarle el estrobo, manila y asegurarlo.
* Bajar el transformador y el pararrayo y colocarlo en un lugar seguro, sobre la bandeja.
* Si se va a colocar un transformador nuevo, se debe revisar el instructivo (montaje de transformador), de lo contrario, hacer maniobra para energizar el circuito.
* Confirmar el restablecimiento del servicio y medir corriente y tensión en BT con la pinza voltiamperimétrica.
* Retirar desechos.
* Requisitos de salud ocupacional
* Uso de elementos de protección personal

##### Tendido de fibra óptica

###### Descripción

Este medio es de gran capacidad de trasmisión de señales, con calidades y características que pueden degradarse cuando se somete a excesiva tensión de halado, doblados forzados y fuerzas de compresión.

En el montaje de cables de fibras ópticas, se deben tener en cuenta las siguientes precauciones:

* En el manejo debe tenerse especial cuidado para evitar daños del cable durante su manipulación e instalación. Cualquier daño puede alterar sus características hasta llegar al caso de que la sección del cable deba ser reemplazada.
* Los cables pueden presentarse en canalizaciones o en forma aérea, en los dos casos su instalación puede ser manual o mecanizada.
* Se conoce con el nombre de ruta aérea conducciones de redes aéreas, las instalaciones de alambres conductores, cables, cajas de dispersión etc., soportada sobre postes, incluyendo además la instalación de cable de suspensión, riendas (vientos), sistemas de puesta a tierra, herrajes de montaje de los mismos y otros accesorios.

La separación, distancia horizontal y vertical (con líneas de energía eléctrica), se definen en la siguiente tabla:

Tabla 3‑38 Separación horizontal y vertical de redes eléctricas

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Distancias | Alta tensión – Máx 3 KV (m) | Baja tensión – Máx 6,6 KV (m) | Cruce de calles (m) | Acera (m) | Ferrocarril (m) |
| Alta tensión | 1,5 |  |  |  |  |
| Baja tensión |  | 0,6 | 0,6 |  |  |
| Marca precaución |  |  | 4,5 | 4,0 | 7,5 |

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

*Postes:* Este elemento es el más crítico por ser el soporte de la red de cables, líneas y equipos de telecomunicaciones. Para la construcción de la red aérea se debe seleccionar con sumo cuidado el tipo de poste, su ubicación y el método para su instalación.

Para cables de fibra óptica los postes deberán tener una altura mínima de 18 a 20 m.

Los postes deben estar provistos de un sistema de puesta a tierra que garantice una resistencia óhmica inferior a 10 ohmnios, el cual debe conectarse a la base del cuerpo metálico del poste y se conformará básicamente por elementos como: Varilla copperweld, cable desnudo 6 AWG, soldadura exotérmica, hueco donde se entierre la varilla rellenado con carbón coque o vegetal triturado, con baja resistividad y agua. Para la conexión de la puesta a tierra del poste, este deberá llevar una tuerca soldada que alojará el tornillo conector a la puesta a tierra.

Los postes deberán llevar una señal de prevención consistente en anillos a partir de 1 m de altura del nivel de piso, pintadas cuatro franjas de 0,20 m de ancho cada una, en colores negros y naranja reflectivo, alternados así: un primer anillo de color naranja, en sentido ascendente, otro de color negro y así sucesivamente, hasta completar cuatro anillos.

##### Tendidos e instalación de cables aéreos.

###### Cables mensajeros o de suspensión:

Este cable será tendido y templado entre poste y poste y se sujetará a estos de las siguientes formas:

* En postes finales mediante un tensor en U sujeto a una abrazadera circular sin salida colocada en la cabeza del poste.
* En postes intermedios mediante un borne o suspensor sujeto a una abrazadera circular con una salida instalada en la cabeza del poste.
* En postes para continuidad del mensajero (postes en los cuales se interrumpe el mensajero) mediante dos tensores en U (uno a cada lado del poste) sujetos a una abrazadera circular sin salida colocada en la cabeza del poste.
* 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 auto soportados, 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 auto soportado 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.

PRECAUCIONES

* Examinar que la tensión de los cables y de los mensajeros sea la adecuada para que no estén flojos. En caso que el mensajero presente corrosión, averías en los herrajes o deterioro por corrientes eléctricas, se debe reponer y corregir sus herrajes y su localización si es necesario. Si los cables suspensores están cerca de líneas de energía o al alcance de personas extrañas, se deben desplazar en lo posible a donde den mayor seguridad a los cables.
* Revisar la posición de las chapetas o el alambre para el caso de los cables que no tienen mensajero incorporado.
* Previa autorización de la entidad ambiental competente, se deben podar o cortar los árboles que presenten peligro para los cables, ya que estos no deben tener contacto con ningún objeto extraño.
* Revisar los cables especialmente en los empalmes. Si el cable es plástico o plomado con chaqueta de PVC, en el sitio del empalme es aconsejable darle continuidad a la protección cubriendo la manga con cinta vulcanizada y esta a su vez en cinta plástica.
* Revisar cuidadosamente el cable durante todo su trayecto, cuidando que no se encuentre deteriorado, especialmente en los empalmes.
* Verificar que los tornillos de la pared, las grapas y los clavos, a cable mensajero y chapetas según el caso, se encuentren bien instalados y en buen estado.
* Examinar el estado de los tensores del cable mensajero.
* Cuidar que el cable no quede rozando las aristas de los muros o los bordes de los techos.
* Debe tenerse cuidado en los sitios donde el cable pasa cerca de avisos luminosos o acometidas eléctricas. La inducción debida a un alto voltaje, como es un campo, atraviesan los sistemas de aislamiento, por lo tanto debe utilizarse un sistema de puesta a tierra.

##### Tendido de fibra óptica

###### Descripción

Para los traslados de fibra óptica se utilizarán los mismos procedimientos que para el tendido de cables aéreos, previas aprobaciones por parte de la ENTIDAD COMPROMETIDA y de la interventoría del proyecto.

###### Requerimientos para la ejecución de los trabajos

* Se deben tener en cuenta las derivaciones que tienen un tramo antes de su traslado.
* Coordinar el 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 cuatro (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.

### **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 3‑30 , 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, Numeral 3.2.4 se encuentran las hojas de seguridad de algunos de estos materiales

A continuación, la Tabla 3‑39 muestra las necesidades de materiales de construcción proyectados para el desarrollo del proyecto “Construcción de la vía entre Remedios – Alto de Dolores”

Tabla 3‑39 Cantidad de Mediciones firmes y hormigones para el proyecto

| Material | Unidad | UF1 | UF2 |
| --- | --- | --- | --- |
| Base | m3 | 129.464,00 | 129.798,00 |
| Sub-base | m3 | 122.059,00 | 123.607,00 |
| Concreto | m3 | 90.802,00 | 67.912,00 |
| Mezcla asfáltica | Tm | 92.376,00 | 92.495,00 |
| Arenas | m3 | 50.849,12 | 38.030,72 |

Fuente 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 el cual 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 por lo que 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 (ver 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 del carros cisterna con surtidor propiedad del proveedor del servicio, al cual se hará 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, tal y 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 (maquina, 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, 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, de la vía Remedios – Alto de Dolores” No se considera la necesidad de utilizar voladuras y/o explosivos u otro material similar en la construcción

#### Material sobrante

A continuación, la Tabla 3‑40 y Tabla 3‑41 presenta un resumen del balance de masas para la UF1 y UF2, calculado para el desarrollo del proyecto “Construcción de la vía Remedios – Alto de Dolores”. 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 3‑40 Balance de masas para el desarrollo del proyecto UF1

| OBRA/ACTIVIDAD | Total, m3 |
| --- | --- |
| **EXCAVACION TÚNEL** | 0,00 |
| **PAVIMENTO** | 340.424,69 |
| **EXCAVACIÓN SC** | 5.906.713,20 |
| **MEJ. CAL** | 246.567,40 |
| **INADECUADO** | 432.549,98 |
| **MUROS** | 2.863,83 |
| **TERRAPLÉN** | 1.940.956.12 |
| **DESCAPOTE** | 340.377,15 |
| **Aprovechamiento** | 0.6 |
| **Coeficiente de Esponjamiento** | 1.15 |
| **Diagrama de Masas**  (Aprovechamiento x(Exca. Túneles+ Excavación sc)-(Terraplén + Mej Cal)) | 1.301.915.40 |
| **Volumen a ZODME**  (Coef. Esponjamiento x ((1x inadecuado) +(1-coef. Aprovechamiento) x (excava. Sin calificar))) | **4.516.435,95** |

Fuente Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Tabla 3‑41 Balance de masas para el desarrollo del proyecto UF2

| OBRA/ACTIVIDAD | Total m3 |
| --- | --- |
| **EXCAVACION TÚNEL** | 0,00 |
| **FIRME** | 378.432,11 |
| **DESMONTE** | 7.114.643,44 |
| **TERRAPLEN** | 2.822.270,54 |
| **INADECUADO** | 468.912,81 |
| **MUROS** | 14.184,92 |
| **PEDRAPLÉN** | 216.332,32 |
| **DESM DIENTES** | 177.177,66 |
| **PEDR DIENTES** | 177.177,66 |
| **VEGETAL** | 380.209,81 |
| **COEFICIENTE DE PASO** | 0.5 |
| **COEF. DE ESPONJAMIENTO** | 1.15 |
| **Diagrama de Masas**  (Cof. Paso x(Exca. Túneles+desmonte+desm dil)) | 430.130,03 |
| **Volumen a ZODME**  (Coef. Esponjamiento x ((1x inadecuado)+(1-coef. Aprovechamiento) x (excav. Sin clasificar))) | **5.663.937,68** |

Fuente Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Las figuras de diagrama de masas para cada una de las unidades funcionales que comprende el proyecto se pueden consultar en el Anexo Capítulo 3. Numeral 3.2.3.

### **Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación y de construcción y demolición**

El manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación, de construcción y demolición se realizará en las respectivas ZODME seleccionadas para el proyecto, 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. Para la ejecución del proyecto “Construcción de la vía Remedios- Alto Dolores en el departamento de Antioquia” se seleccionaron veinte y uno (21) ZODME, de los cuales trece (13) de ellos son de la UF1 y ocho (8) son para la UF2. La Tabla 3‑42 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 3‑42 ZODME seleccionados para el proyecto

| No. | Nombre | UF | Área (m2) | Volumen (m3) | Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Este | Norte |
| 1 | 1A | UF 1 | 47.739,43 | 353.793,16 | 929644,0 | 1269024,2 |
| 2 | 1B | UF 1 | 4.669,52 | 29.579,79 | 929440,6 | 1268920,9 |
| 3 | 1D | UF 1 | 12.551,00 | 64.366,00 | 928898,5 | 1268830,0 |
| 4 | 4A | UF 1 | 48.320,98 | 400.180,56 | 924458,8 | 1265513,8 |
| 5 | 6A | UF 1 | 10.656,29 | 49.680,89 | 924829,0 | 1262427,9 |
| 6 | 9 | UF 1 | 5.727,39 | 25.495,12 | 924902,8 | 1257073,1 |
| 7 | 13 | UF 1 | 8.527,90 | 29.413,70 | 923071,8 | 1254980,3 |
| 8 | 13B | UF 1 | 20.134,22 | 115.661,23 | 923366,8 | 1254567,6 |
| 9 | 14C | UF 1 | 16.367,71 | 195.790,08 | 922657,9 | 1254154,1 |
| 10 | 15 | UF 1 | 13.577,00 | 118.658,95 | 922815,9 | 1254676,0 |
| 11 | 19A | UF 1 | 7.768,14 | 34.870,79 | 920638,3 | 1249499,4 |
| 12 | 19H | UF1 | 18.436,71 | 151.092,96 | 921733,1 | 1248057,5 |
| 13 | 22 | UF 1 | 19.578,34 | 166.280,40 | 920177,7 | 1244055,5 |
| 14 | 1 | UF2 | 128.596,78 | 1.369.214,76 | 921025,0 | 1238136,5 |
| 15 | 5 | UF2 | 31045,51 | 269752,84 | 920030,3 | 1234654,5 |
| 16 | 7 | UF2 | 35803,3 | 324955,58 | 920040,1 | 1234356,6 |
| 17 | 9 | UF2 | 26.126,65 | 1.855.606 | 920431,6 | 1232227,9 |
| 18 | 11 | UF2 | 16244,6 | 175246,61 | 921572,6 | 1230243,3 |
| 19 | 25(1) | UF2 | 21996,19 | 202504,46 | 919241,5 | 1214946,6 |
| 20 | 27 | UF2 | 9934,07 | 50460,6 | 919460,0 | 1213822,2 |
| 21 | 34 | UF2 | 30484,75 | 344614,85 | 921241,0 | 1221918,2 |

Fuente: Concesión Río Magdalena S.A.S

Teniendo en cuenta el diseño geométrico realizado para la UF1 y UF2, se tiene que las zonas de disposición de sobrantes deben cumplir con una capacidad mínima aproximada de 4.578.639,80 m3 para UF1 y 5.663.937 m3 para UF2, la cual permitirá disponer el material producto de los cortes realizados a través del trazado, sin tener en cuenta el material que se seleccione como apropiado para aprovechamiento en dicha calzada para la conformación de los terraplenes.

Para la realización de los diseños realizados, se estableció un proceso metodológico basado en criterios de diseño, científicos e investigativos y constructivos empleados en la elaboración del análisis geotécnico, considerando los elementos más relevantes del proyecto.

Las actividades para la metodología implementada en el diseño de las ZODMES son:

* Visita de campo.
* Recopilación de información primaria y secundaria.
* Reconocimiento y caracterización geológica de la zona.
* Exploración del subsuelo, llevada a cabo por parte de empresas contratadas por OHL Construcciones.
* Ejecución de ensayos de campo y laboratorio, llevados a cabo por laboratorios contratados por OHL Construcciones.
* Análisis de la información.
* Caracterización geotécnica.
* Análisis de estabilidad y diseños.
* Resultados.
* Conclusiones y recomendaciones geotécnicas.

###### Ensayos de laboratorio

Para cada una de las exploraciones realizadas, se llevó a cabo la caracterización de los materiales encontrados mediante la ejecución de ensayos de campo y laboratorio. Los ensayos realizados fueron:

Clasificación:

* Humedad natural (ω)
* Límites de Atterberg (LL, LP).
* Granulometría por tamizado.
* Pasa tamiz 200.
* Peso unitario (ϒt).
* Contenido de materia orgánica.

Resistencia:

* SPT.
* Corte directo (CU)
* Compresión Inconfinada.

Los resultados de los ensayos de laboratorio para UF1 se encuentran en el ANEXO CAPITULO 3, NUMERAL 3.2.5 ZODME/ZODMES UF1/INFORME TECNICO/ANEXO 2 Y ANEXO 3 y en el ANEXO CAPITULO 3, NUMERAL 3.2.5 ZODME/ZODMES UF2/INFORME TECNICO/ ANEXO 2 Y ANEXO 3, se encuentra las características de diseño para cada uno de las ZODME de UF2

###### Ensayo de laboratorio

A fin de establecer las características geológico-geotécnicas de los materiales térreos que componen la zona de estudio en la Unidad Funcional 1 y 2 y que será utilizada como zona de disposición de materiales, se realizó una campaña geotécnica consistente en dos etapas; la primera es la exploración de campo que constó de la realización de una serie de sondeos mecánicos; y la segunda es la realización de ensayos de laboratorio sobre las muestras de suelo y roca extraídas

###### Parámetros de resistencia del subsuelo

Para establecer los parámetros del subsuelo se calculan y describen las siguientes características:

* Correlación SPT
* Capacidad Portante

###### Otras características

Para el diseño de ZODME se realiza la caracterización de otras características como:

* Estratigrafía
* Características geotécnicas del suelo
* Diseño Geotécnico
* Análisis de estabilidad

En el informe técnico presentado para los Zodme de cada unidad, se presenta el análisis de diseño y estabilidad a detalle para cada uno de las ZODMES. (ver ANEXO CAPITULO 3, NUMERAL 3.2.5 ZODME/ZODMES UF1/INFORME TECNICO y ANEXO CAPITULO 3, NUMERAL 3.2.5 ZODME/ZODMES UF2/INFORME TECNICO)

#### 3.2.5.1 Características de generales para cada ZODME

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

La construcción y operación de cada ZODME 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 para cada ZODME se detallan en los planos planta perfil y a detalle de cada una de estas. 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.

###### Condiciones De Drenaje

Para mantener la estabilización de cada uno de los ZODMES a medida que el mismo se va desarrollando durante el proceso de lleno y compactación, será necesario establecer un control de aguas superficiales y subterráneas, con el cual se tienda a desactivar la influencia de la presión de poros tanto en el relleno como en el suelo de fundación, permitiendo que los materiales puedan mantener la resistencia con la cual fueron

proyectados. El drenaje proyectado permite disminuir la masa o peso del suelo al establecer una condición de saturación próxima al 0%, reduciendo la influencia de la presión de poros en los procesos de erosión y alteración de la estabilidad de cada Zodme.

El sistema consiste en una combinación de drenaje el cual se proyecta de tipo superficial y profundo, el objetivo principal de estos métodos es el de disminuir la presión de poros y en esa forma aumentar la resistencia al corte y eliminar las fuerzas hidrostáticas desestabilizantes. El factor de seguridad de cualquier superficie de falla que pasa por debajo del nivel de agua puede ser mejorado por medio de subdrenaje, siendo este considerado un método de evacuación subterráneo para cada Zodme.

El drenaje superficial se realizará mediante canales en suelo cemento los cuales serán instalados en el perímetro de cada berma proyectada y en la base de contacto de máxima altura del terreno con el relleno proyectado, estos canales deberán discurrir hacia la parte inferior garantizando una pendiente del 1% y entregando a una estructura disipadora que direccione las agua a puntos más bajos y que no presenten influencia al relleno proyectado, por tanto deberá preverse que la longitud de desarrollo de la estructura de entrega no genere aumento de agua en la pata de los taludes de los Zodme.

Para el caso del drenaje subterráneo y del cuerpo del Zodme, se propone que este sea realizado mediante espina de pescado (en la base del Zodme y en el cuerpo del mismo) con la cual se pueda garantizar una reducción favorable de las aguas de infiltración, subterráneas y la saturación del cuerpo del mismo, permitiendo desarrollar la estabilidad de cada zodme a medida que el mismo sea desarrollado, la espina de pescado debe ser construida teniendo en cuenta que el filtro central posea una dimensión mayor a la de los filtros que entregan a esta, el agua captada deberá ser direccionada al punto de entrega, evitando el contacto con los taludes del relleno proyectado.

Los planos y dimensiones de cada una de las estructuras hidráulicas proyectadas son presentados se encuentran en el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.5. A continuación en la Figura 3.24 y la Figura 3.25 muestra alguna de las estructuras para meneo de drenajes y escorrentía para una ZODME.

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.24 Esquema general en perfiles- Ubicación cuneta saco suelo - cemento

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

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.25 Sección de cuneta en saco suelo- cemento en bermas intermedias

Fuente: 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 algunas ZODME será necesario realizar una zanja drenante, debido a la necesidad realizar el manejo de agua generado por un descole de obras de arte 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

###### Diseño de las ZODME

El diseño a detalle de cada una de las ZODMES propuestas se describe en el Anexo Capitulo 3, Numeral 3.2.5. Para cada uno de estos diseños se tienen en cuenta:

* **Exploración del Suelo:** donde se caracterizan los materiales y condiciones necesarias para lograr la conformación de la zona de disposición de material, esto mediante la campaña geotécnica llevada en cada área propuesta, conformada por la ejecución de máximo 4 sondeos mecánicos y 4 sondeos penetro metros, esto con el fin de determinar las propiedades de los suelos.
* **Estratigrafía:** La estratigrafía fue establecida a partir de la clasificación y caracterización de los materiales encontrados en los sondeos y de los resultados obtenidos de los ensayos de campo y laboratorio
* **Características Geotécnicas del sub-suelo:** Determina las características predominantes del suelo, su compresibilidad, resistencia y plasticidad.
* **Parámetros de resistencia del sub-suelo**: Son determinados a partir de los cortes directos, penetrómetros y correlación SPT donde fue posible realizarla. Teniendo en cuenta estos resultados se calcula la Cohesión (Kpa), Angulo de Fricción (ton/m3) Peso unitario en cada sondeo.
* **Diseño geométrico**: Las características del proyecto, la determinación de las propiedades geomecánicas de los materiales térreos y los parámetros sísmicos del sitio en estudio permiten realizar los análisis de estabilidad, desarrollados para la configuración topográfica existente con el material de relleno, a fin de lograr la conformación de la zona de disposición de material sobrante denominada ZODME.

Los análisis de estabilidad, se realizaron para dos diferentes condiciones de relación de presiones de poros (Ru) y con sismo de diseño, utilizando el método de Bishop Simplificado y modelando dichas condiciones con ayuda del programa Slide 6.0. Para ello, se tomó la sección del eje 1-1, eje 2-2 y eje 3-3 los cuales corresponden a las secciones que presentan las condiciones más críticas de estabilidad

* **Análisis de estabilidad:** Para el análisis de los modelos establecidos, se utilizó el programa de computador SLIDE Versión 6.0 de Rocscience Inc. Canadá. El método de análisis empleado fue Bishop Simplificado.

Se llevó a cabo el análisis de los perfiles generados a través de los Ejes 1-1, 2-2 y 3-3, analizando la estabilidad de cada uno de ellos. El análisis de estos escenarios tuvo en cuenta un coeficiente de aceleración sísmica de 0,15Aa de acuerdo al Apéndice A – 3, de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10, sin embargo como la masa del suelo no es rígida y teniendo en cuenta que la aceleración máxima solo se presenta en periodos de tiempo muy pequeños, no suficientes para producir una falla, se recomienda utilizar valores de 0.8 de la aceleración máxima horizontal y una aceleración vertical igual a 0,5 la aceleración horizontal.

La modelación se llevó a cabo bajo el escenario de un Ru de 0.0 y 0.10, considerando el alto impacto que pueden tener los fenómenos de saturación y filtración en la estructura del ZODME. Se espera que con la implementación de estructuras hidráulicas como el filtro “espina de pescado”, cunetas y disipadores, el Ru de los materiales en su conjunto se mantenga por debajo de 0.10**.**

Teniendo en cuenta la información anterior se calculan los factores de seguridad para las diferentes condiciones de análisis una vez conformada cada zona de disposición de material, estableciendo si cumple o no con lo requerido en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NRS-10**.**

* **Condiciones finales de cada ZODME**: En este ítem se describen la conformación de cada una de las zonas de disposición de materiales sobrantes “ZODME” , numero de terrazas altura de los taludes inclinación, entre otras características

La siguiente tabla relaciona las características de cada uno de las ZODMES diseñadas para el proyecto.

Tabla 3‑43 Características generales ZODME seleccionados para el proyecto

| Nombre | UF | Área (m2) | Volumen (m3) | No de terrazas | Altura de Talud (m) | Inclinación |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1A | UF 1 | 47.739,43 | 353.793,16 | 3 | 7 | 3.0H:2.0V |
| 1B | UF 1 | 4.669,52 | 29.579,79 | 3 | 7 | 3.0H:2.0V |
| 1D | UF 1 | 12.551,00 | 64.366,00 | 3 | 7 | 1.5H:1.0V |
| 4A | UF 1 | 48.320,98 | 400.180,56 | 3 | 7 | 1.5H:1.0V |
| 6A | UF 1 | 10.656,29 | 49.680,89 | 2 | 7 | 1.5H:1.0V |
| 9 | UF 1 | 5.727,39 | 25.495,12 | 2 | 7 | 1.5H:1.0V |
| 13 | UF 1 | 8.527,90 | 29.413,70 | 2 | 7 | 3.0H:2.0V |
| 13B | UF 1 | 20.134,22 | 115.661,23 | 5 | 7 | 1.5H:1.0V |
| 14C | UF 1 | 16.367,71 | 195.790,08 | 4 | 7 | 1.5H:1.0V |
| 15 | UF 1 | 13.577,00 | 118.658,95 | 3 | 7 | 1.5H:1.0V |
| 19A | UF 1 | 7.768,14 | 34.870,79 | 3 | 7 | 3.0H:2.0V |
| 19H | UF1 | 18.436,71 | 151.092,96 | 3 | 7 | 1.5H:1.0V |
| 22 | UF 1 | 19.578,34 | 166.280,40 | 3 | 7 | 3.0H:2.0V |
| 1 | UF2 | 128.596,78 | 1.369.214,76 | 3 | 7 | 2.0H:1.0V |
| 5 | UF2 | 31045,51 | 269752,84 | 3 | 7 | 2.0H:1.0V |
| 7 | UF2 | 35803,3 | 324955,58 | 3 | 7 | 2.0H:1.0V |
| 9 | UF2 | 26.126,65 | 1.855.606 | 3 | 7 | 2.0H:1.0V |
| 11 | UF2 | 16244,6 | 175246,61 | 3 | 7 | 2.0H:1.0V |
| 25(1) | UF2 | 21996,19 | 202504,46 | 3 | 7 | 3.0H:2.0V |
| 27 | UF2 | 9934,07 | 50460,6 | 3 | 7 | 2.0H:1.0V |
| 34 | UF2 | 30484,75 | 344614,85 | 3 | 7 | 2.0H:1.0V |

Fuente: Concesión Río Magdalena S.A.S

Con el fin de dar cumplimiento los siguientes requerimientos solicitados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambiental- ANLA donde se solicita:

* Requerimiento No 3: Presentar el informe técnico de análisis de estabilidad para cada ZODME
* Requerimiento No 4. Presentar El modelamiento de las ZODME en condiciones estáticas y seudoestaticas para determinar los factores de seguridad geotécnicos
* Requerimiento No 5: Presentar los planos de las ZODME del proyecto con la cartografía ajustada a nivel general

Se presenta en el Anexo Capitulo 3, Numeral 3.2.5, Zodmes UF1- Calzada 1 y Zodme UF2-Calzada 2, se encuentra el informe técnico de diseño, el registro de las perforaciones geológicas, resultados de laboratorio, planos de cada una de las ZODME con la cartografía ajustada, entre otra información.

Las vías industriales para necesarias para cada una de las ZODMES, se encuentran dentro del plano general de diseño, Anexo Capitulo 3, Numeral 3.2.3, Sub Numeral 1, Plano General del proyecto, las cuales también son incluidas en la cartografía temática, dando así respuesta al Requerimiento No 6 donde describe: “*Incluir en planos los accesos que utilizaran los vehículos para disponer el material sobrante de excavación en las ZODME y presentar los diseños en planta y perfil*” solicitado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA

##### Recomendaciones

Teniendo en cuenta que los materiales a disponer en el ZODME presentaran una gran heterogeneidad, presentando variaciones en cuanto a su comportamiento geomecánico; además de la posibilidad que al momento de disponerlos presenten contenidos de materia orgánica, es importante que su proceso constructivo sea efectuado considerando el manejo de aguas de escorrentía y filtración para evitar problemas por saturación e infiltraciones debiendo ser cuidadosamente tratadas y dispuestas a una distancia considerable del ZODME. Con base a lo anterior, se presentan las siguientes recomendaciones, con el fin de garantizar una buena disposición de los materiales y que su compactación genere las propiedades mecánicas convenientes en función de la estabilidad en el tiempo.

Los materiales a disponer en el ZODME provienen del corte realizado a lo largo de la unidad funcional, dadas las características de estos materiales, se esperan que su composición sea con predominio de material fino, por tanto, los procesos de compactación deben ser realizados bajo la densidad seca máxima y humedad óptima dada por el proctor modificado y así como las isobaras de saturación del mismo ensayo, buscando establecer las condiciones de incremento de humedad en temporadas de lluvia y su correspondiente influencia en la densidad del terreno, siendo este aspecto de gran importancia para la estabilidad de los rellenos.

Se recomienda que en su proceso constructivo, se compacten capas no mayores a 50 cm, hasta lograr compactaciones que permitan obtener el peso unitario utilizado en la modelación (1.70 ton/m3) y que por ningún motivo el material a disponer en la estructura principal contenga materia orgánica. Con base a lo anterior, se recomienda disponer el material producto de descapote en zonas especiales y una vez sean conformados los Zodmes, utilizar este material para fines de revegetalizacion únicamente.

Teniendo en cuenta que los materiales a disponer en su gran mayoría son finos y plásticos, el proceso de compactación se debe llevar a cabo con equipo de rodillo pata de cabra, permitiendo así una compactación progresiva de la capa del suelo de abajo hacia arriba. Igualmente se recomienda que los equipos utilizados sean del orden de 10 ton.

Una humedad baja, permite compresiones entre las partículas constituyentes del suelo, lo cual tiende a la formación de grumos difícilmente disgregables que dificultan la compactación. Por el contrario si el contenido de agua es tal que un importante porcentaje de vacíos están llenos de agua, aumentando el volumen y peso del material e induciendo falla en el relleno.

Teniendo en cuenta lo anterior, es recomendable que los materiales producto de corte que se encuentren con altos porcentajes de humedad, se dispongan en las zonas diferentes mientras alcanzan humedades cercanas a la óptima. De la misma manera se recomienda que en épocas de invierno el material producto de corte no sea dispuesto directamente en los Zodmes y determinar zonas de acopio del material las cuales deben procurar evitar que el mismo presente contacto con el agua.

Es importante tener en cuenta que las modelaciones se realizaron con Ru máximo de 0,10 y que condiciones mayores de saturación provocaran comportamientos diferentes. “En los procesos de campo el contenido de agua original no solo ejerce gran influencia en la respuesta del suelo al equipo de compactación, sino que también gobierna en gran parte el comportamiento ulterior de la masa compactada. Aunque por lo general solo pueden lograrse cambios relativamente pequeños al humedecer o secar el suelo extendido en la obra, es muy aconsejable buscar siempre condiciones de humedad natural que no se aparten mucho de la óptima para el proceso de compactación que vaya a utilizarse”. [Rico y del Castillo,1990]

Por otro lado se recomienda la construcción de una estructura obligatoria de captación en el contacto del ZODME con las paredes de la ladera (cuneta en sacos de suelo cemento). Es importante evitar por medio de este mecanismo el ingreso del agua al ZODME por escorrentía y/o filtración garantizando su captación y posterior evacuación al sistema de drenaje recomendado para esta zona.

Llevando a cabo la construcción de esta cuneta e impidiendo el contacto entre el cuerpo del ZODME y el agua de escorrentía y proveniente del suelo natural, se protege la estructura del ZODME de posibles deformaciones, rupturas, afectaciones por efectos de aguas acidas o básicas y/o procesos de tubificación. La construcción de la cuneta, será un aporte fundamental para la calidad de la obra permitiendo obtener los parámetros de resistencia establecidos en los materiales, disminuyendo la susceptibilidad a cambios volumétricos y evitando la migración de partículas finas y posterior debilitamiento de la estructura.

Es recomendable llevar a cabo un descapote en el suelo de fundación y en los ZODMES que se presenten a media ladera realizar un escalonamiento, cuando se presenten pendientes pronunciadas que influyan en la estabilidad del ZODME, siendo estas condiciones susceptibles a desarrollar problemas de deslizamiento incrementando los esfuerzos actuantes que potencien la falla del mismo. El escalonamiento incrementa la resistencia al deslizamiento, obligando a la superficie de falla a profundizarse, por tanto, se recomienda llevar a cabo el escalonamiento de 5 m horizontal y 1 m vertical, o variable cuando la pendiente del talud sea elevada y produzcan excavaciones mayores.

##### Conclusiones

* Previo a todo movimiento de tierras se debe hacer el descapote del área intervenida. Los materiales resultantes de esta actividad deben ser dispuestos en el área asignada para tal fin y podrán ser utilizados en la empradización posterior de los taludes y bermas de relleno de la zona de disposición de materiales ZODME UF1 Y UF2
* La zona de disposición de materiales 1A dispondrá de una capacidad volumétrica total de 353.793,16 m3, en un área de relleno de 47.793,43 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF1.
* La zona de disposición de materiales 13 dispondrá de una capacidad volumétrica total de 29.413,70 m3, en un área de relleno de 8.527,90 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF1.
* La zona de disposición de materiales 19A dispondrá de una capacidad volumétrica total de 34.870,79 m3, en un área de relleno de 7.768,14 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF1
* La zona de disposición de materiales 22 dispondrá de una capacidad volumétrica total de 166.280,40 m3, en un área de relleno de 19.578,34 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF1.
* La zona de disposición de materiales 1B dispondrá de una capacidad volumétrica total de 29.579,79 m3, en un área de relleno de 4.669,52 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF1.
* La zona de disposición de materiales 1D dispondrá de una capacidad volumétrica total de 64.366 m3, en un área de relleno de 12.551.00 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF1.
* La zona de disposición de materiales 4A dispondrá de una capacidad volumétrica total de 400.180,56 m3, en un área de relleno de 48.320,98 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF1.
* La zona de disposición de materiales 6A dispondrá de una capacidad volumétrica total de 49.680,89 m3, en un área de relleno de 10.656,29 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF1.
* La zona de disposición de materiales 9 dispondrá de una capacidad volumétrica total de 25.495,12 m3, en un área de relleno de 5.727,39 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF1.
* La zona de disposición de materiales 13B dispondrá de una capacidad volumétrica total de 115.661,23 m3, en un área de relleno de 20.134,22 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF1.
* La zona de disposición de materiales 14C dispondrá de una capacidad volumétrica total de 195.790,08 m3, en un área de relleno de 16.367,71 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF1.
* La zona de disposición de materiales 15 dispondrá de una capacidad volumétrica total de 118.658,95 m3, en un área de relleno de 13.577 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF1.
* La zona de disposición de materiales 19H dispondrá de una capacidad volumétrica total de 151.092,96 m3, en un área de relleno de 18.436,71 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF1.
* La zona de disposición de materiales 5 dispondrá de una capacidad volumétrica total de 269.752,84 m3, en un área de relleno de 31.045,51 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF2.
* La zona de disposición de materiales 25 dispondrá de una capacidad volumétrica total de 202.504,46 m3, en un área de relleno de 21.996,19 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF2.
* La zona de disposición de materiales 1 dispondrá de una capacidad volumétrica total de 1.369.214,76 m3, en un área de relleno de 128.596,78 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF2.
* La zona de disposición de materiales 7 dispondrá de una capacidad volumétrica total de 324.955,58 m3, en un área de relleno de 35.803,30 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF2.
* La zona de disposición de materiales 9 dispondrá de una capacidad volumétrica total de 1.855.606 m3, en un área de relleno de 26.126,65 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF2.
* La zona de disposición de materiales 11 dispondrá de una capacidad volumétrica total de 175.246,61 m3, en un área de relleno de 16.244,60 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF2.
* La zona de disposición de materiales 27 dispondrá de una capacidad volumétrica total de 50.460,60 m3, en un área de relleno de 9.934.07 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF2.
* La zona de disposición de materiales 34 dispondrá de una capacidad volumétrica total de 344.614,85 m3, en un área de relleno de 30.484,75 m2, para el recibo de material sobrante proveniente de las actividades corte para conformar el trazado de la UF2.
* La conformación de la zona de disposición de materiales “ZODMES” implica la conformación del material de relleno enterrazas de diferente altura y como máximo 7,0 m, inclinación de 2,0H:1,0V y berma intermedia de ancho variable.
* Para la UF1 Se llevó a cabo el análisis de la historia sísmica de los municipios de la Unidad Funcional 1 (Vegachí y Remedios), desde el año de 1993 (primer año de registro) hasta el presente año, encontrando que el evento con Mayor Magnitud (MI o Escala de Richter) fue de 5.3 en el año de 1994. Adicionalmente, se evaluó la posición en el Mapa de Amenaza Sísmica de Colombia, registrando la zona de análisis un Valor de PGA (Aceleración Máxima del Suelo) entre 150 y 200 y finalmente se llevó a cabo una búsqueda documental en la que no se encontró eventos importantes de inestabilidad y colapso, debidos a la ocurrencia de sismos de magnitud alta. Por lo anterior, se considera que los análisis de estabilidad aportan información segura sin que estos consideren el efecto de amplificación de onda.
* Para la UF2, se llevó a cabo el análisis de la historia sísmica de los municipios de la Unidad Funcional 2 (Vegachí y Maceo), desde el año de 1993 (primer año de registro) hasta el presente año, encontrando que el evento con Mayor Magnitud (MI o Escala de Richter) fue de 3.8 en el año de 2010. Adicionalmente, se evaluó la posición en el Mapa de Amenaza Sísmica de Colombia, registrando la zona de análisis un Valor de PGA (Aceleración Máxima del Suelo) entre 150 y 200 y finalmente se llevó a cabo una búsqueda documental en la que no se encontró eventos importantes de inestabilidad y colapso, debidos a la ocurrencia de sismos de magnitud alta. Por lo anterior, se considera que los análisis de estabilidad aportan información segura sin que estos consideren el efecto de amplificación de onda.
* Para el manejo de las aguas de infiltración de la zona de disposición de materiales ZODMES se tiene proyectado la implementación de un filtro tipo “espina de pescado”. De la misma forma, para el manejo de las aguas de escorrentía superficial se proyectó la construcción de cunetas, las cuales deberán descargar a disipadores.
* El constructor deberá regirse a lo establecido en las especificaciones técnicas señaladas en el presente informe y las que requiera la Interventoría para la ejecución de los trabajos.
* El contacto entre el terreno natural y el material de relleno deberá ser escalonado.
* Todos los taludes del relleno y zonas de intervención deberán ser protegidos por medio de empradización con cespedón, con el fin de evitar los efectos adversos de la erosión.
* Todas las obras deberán ajustarse a las condiciones reales de obra.

En el Anexo Capitulo 3, Numeral 3.2.5, en el informe técnico para cada unidad, se encontrara a detalle el análisis de diseño realizado para cada una de las Zodmes Propuestas.

##### Usos Finales

Para el abandono y cierre final de las ZODME, se proyecta realizar la estabilización y empradización de los mismo, la revegetalización se realizara con pastos y su uso final dependerá de la decisión tomada por el propietario del predio de cada ZODME, 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 de cada uno de las ZODME.

A continuación la Figura 3.26 a la Figura 3.28 se muestran algunos de las ZODME diseñados para el desarrollo del proyecto, en el anexo capítulo 3, Numeral 3.2.5 se encuentran los planos a detalle de cada una de las ZODME propuestas.

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.26 ZODME 1D-UF1

Fuente Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.27 ZODME 13B UF1

Fuente Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
|  |

Figura 3.28 ZODME 1 UF2

Fuente Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

##### Cota de inundación

Teniendo en cuenta que las ZODME 22-UF1, 25-UF2 y 27 UF2, se encuentran cercanas a la ronda hídrica del rio volcán y la Quebrada de los Monos. Con el fin de dar cumplimiento al Requerimiento No 3 de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales- ANLA, donde se solicita presentar: “*Presentar el modelamiento para determinar la cota máxima de inundación del río Volcán y la quebrada los Monos con un periodo de retorno de 100 años, con respecto a la ubicación de las ZODME 22 – UF1, 25 y 27 – UF2, cuyos diseños deberán respetar la ronda hídrica del Decreto Ley 2811 del 1974”* a continuación se presenta el análisis de inundación para las areas mencionadas.

###### Metodología

* Modelación Río Volcán Zodme 22-UF1

* Caudales de diseño para río Volcán

Por medio de la información presentada en el capítulo 7 y capítulo 5 del presente estudio, se obtienen los datos de la cuenca del río Volcán para calcular los caudales en los diferentes periodos de retorno. A continuación, se muestran las características generales de la cuenca.

Tabla 3‑44 Características de la cuenca río Volcan

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nombre Captación | Área (Km2) | Perímetro Km | Longitud (m) | Cota alta (msnm) | Cota Baja (msnm) |
| Río Volcán | 306,77 | 94,45 | 43487 | 1034 | 972 |

La cuenca del río Volcán su área es mayor a 2,5 km2, los caudales de diseño se calcularon teniendo en cuenta los métodos indirectos convencionales (modelo lluvia – escorrentía), mediante la aplicación del Método del Hidrograma Unitario del United States Soil Conservation Service, S.C.S.

* Método del Hidrograma Unitario del United States Soil Conservation Service, S.C.S

Generar un caudal medio en una cuenca pequeña por un método indirecto y sin la existencia de información de campo (aforos en diferentes épocas del año) es un procedimiento riesgoso.

Los caudales diarios o mensuales en cuencas pequeñas, se pueden estimar con un estudio detallado de los suelos (textura), cobertura vegetal, estaciones de precipitación debidamente localizadas en la cuenca y plano de isoyetas a nivel mensual y anual, así como un buen registro de aforos tanto para las épocas de estiaje como para el periodo invernal.

Este método es utilizado para estimar la escorrentía total a partir de datos de precipitación y otros parámetros de las cuencas de drenaje. El método fue desarrollado utilizando datos de más de dos mil pequeñas cuencas experimentales, por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estado Unidos. La ecuación principal del método se resume a continuación:

****

****

Donde:

Q: Escorrentía total acumulada, pulgadas

P: Precipitación total del evento, pulgadas.

S: Infiltración potencial o retención potencial máxima, pulgadas.

CN: Curva número.

El Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, después de estudiar un gran número de pequeñas cuencas elaboró un cuadro para estimar S a partir de un cierto valor CN (curve number).

Dado lo anterior se tomará 80 como CN para la Zodme 22 UF1. Los cálculos relizados se pueden observar a detalle en el Anexo Capitulo 3, Numeral 3.2.5/ calculo cota inundación/ río Volcan/ Numeral 1se pueden observar en el Anexo 1.0.

* Justificación de fórmulas empleadas

* Método de Chow para Análisis de Frecuencias de Variables Hidrológicas

Para el análisis de lluvias y con el objetivo de poder realizar ajustes estadísticos fiables se seleccionaron aquellas estaciones próximas a la zona de estudio con series de registros largas (todas ellas superan los 35 años). A continuación, se recopilaron los máximos valores anuales de precipitación en 24 horas registrados, y se efectuó un análisis de frecuencias obteniendo los valores máximos de precipitación diaria correspondientes a diferentes periodos de retorno (2, 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años). Para ello, se ajustaron los datos históricos a las distribuciones de probabilidad de Gumbel y Log-Pearson Tipo III, y se comprobó la bondad de estos ajustes estadísticos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Finalmente, para cada estación y periodo de retorno, se eligió el valor de precipitación máxima más desfavorable de los obtenidos por cada uno de los dos métodos, siempre que su ajuste resultase aceptable de acuerdo con la prueba de bondad de Kolmogorov-Smirnov, de forma que el valor seleccionado en cada caso esté siempre del lado de la seguridad.

Con el fin de determinar las precipitaciones máximas diarias asociadas a los distintos periodos de retorno, en primer lugar, se ha ajustado una ley de distribución de tipo Gumbel a los valores de estas series. Como solución de ajuste a esta distribución de probabilidad se ha tomado el método de Ven Te Chow, para el cálculo de valores de variables hidrológicas, bien sea precipitación máxima anual en 24 horas, caudales máximos y mínimos instantáneos anuales, o caudales medios anuales, provenientes de una muestra estadística finita.

El método, con base en las características estadísticas de la muestra, define la recta de mejor ajuste de los datos históricos para extrapolación, considerando las distribuciones probabilísticas Gumbel y Pearson Tipo III, en el caso de las variables hidrológicas precipitación máxima anual en 24 horas, y caudales máximos y mínimos instantáneos anuales. En el caso de caudales y precipitaciones medios anuales, se utiliza la distribución Normal o de Gauss, y el factor de frecuencia corresponde a la variable reducida de esa distribución.

* Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia

La metodología para la deducción de las curvas intensidad - duración - frecuencia, es la desarrollada por el método de “Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia. VARGAS M.R., DÍAZ-GRANADOS O.M., Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá, 1998.

* Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración a ser utilizado en el método Racional para la determinación de la intensidad de lluvias promedio sobre la hoya respectiva, se calculó con base en la fórmula de Kirpich, pues en general resulta en menores valores que las demás fórmulas, dando una intensidad de precipitación mayor.

* Modelo de Computador HEC-HMS

Se utilizó para la estimación de los hidrogramas de creciente en las hoyas hidrográficas aferentes a la vía cuyos límites topográficos pudieran ser estimados por medio de las restituciones aerofotogramétricas disponibles. Es, quizás, uno de los mejores modelos de computador para estimación de hidrogramas de creciente en hoyas hidrográficas por su gran versatilidad. (Anexo Capitulo 3, Numeral 3.2.5/ calculo cota inundación/ río Volcan/ Numeral 1se pueden observar en el Anexo 2.0)

* Modelo de Computador HEC-RAS

Con la información precedente, se realizó una modelación hidráulica con el programa HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center’s River Analysis System), desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers, en todos los puentes de luz mayor o igual a 10 m.

Este programa es el modelo matemático más utilizado en la actualidad para la resolución de regímenes permanentes (variado y uniforme) y permite simular el movimiento estacionario unidimensional (flujo unidireccional) de una corriente de agua. Esta aproximación de flujo unidireccional es válida puesto que la componente de la velocidad en la dirección del flujo es la componente principal en la práctica totalidad de las corrientes analizadas.

Además, el programa ofrece la posibilidad de analizar distintos tipos de régimen: lento, crítico, rápido y mixto.

* La curvatura de las líneas de corriente es despreciable, suponiéndose una distribución hidrostática de la presión (flujo gradualmente variado).
* La aproximación de flujo unidimensional implica que la altura de energía sea igual en todos los puntos de cada una de las secciones a analizar, considerándose las zonas de cauce y llanura de inundación de ambas márgenes en la distribución horizontal de la velocidad.
* La altura de presión se supone equivalente a la cota del agua medida verticalmente: pendiente del cauce pequeña (inferior a un 10%).
* La pendiente de la línea de energía es constante entre dos secciones transversales.

Los datos básicos de partida requeridos para la modelización con HEC-RAS son de dos tipos: datos geométricos y datos de flujo estacionario. Los principales se enumeran a continuación:

* Geometría de las secciones transversales del cauce que definan los cambios representativos del mismo en el tramo analizado.
* Distancia entre secciones o perfiles transversales del cauce utilizados en el estudio (Longitud de los tramos: cauce, margen izquierda y margen derecha).
* Caudal de diseño.
* Condiciones de contorno: Éstas se definen mediante la cota de la lámina o calado crítico en la sección de aguas abajo, en la sección de aguas arriba o en ambas, según sean las condiciones del flujo (lento, rápido o mixto).
* Rugosidad del cauce y de las márgenes (valores del coeficiente de rugosidad n de Manning).
* Coeficientes de pérdidas de carga por expansión y contracción.
* Datos de las estructuras hidráulicas (puentes, obras de drenaje, etc.).
* Resultados

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el análisis de inundación del río Volcán para el área cercana del ZODME 22 UF1 y teniendo en cuenta la Figura 3.29 se puede concluir que:

* Realizando la modelación del río volcán se identificó que, para el periodo modelado de 100 años, se observa el área de inundación no afecta el aérea del ZODME 22 UF1.
* La cota en la que se encuentra el río Volcán en el punto de estudio es de 978.5 m.s.n.m, el resultado del modelamiento se obtiene que la cota de inundación es de 978.8 m.s.n.m. y la cota mínima del zodme es de 981.5 m.s.n.s la cual no se ve afectada por las crecientes del río
* La carrera que divide el ZODME 22UF1 con el area de inundación funciona como un dique
* La mancha de inundación que se obtuvo por medio de la modelación se puede observar en el Anexo Capitulo 3, Numeral 3.2.5/ calculo cota inundación/ río Volcán/ Numeral 1 se pueden observar en el Anexo 4.0 y 4.1

Los resultados de la modelación se pueden ver en el Anexo Capitulo 3, Numeral 3.2.5/ calculo cota inundación/ río Volcán/ Numeral 1se pueden observar en el Anexo 3.0.

|  |
| --- |
| C:\Users\ambiental1\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\ANEXO 4. 0 ZONA INUNDACIÓN VOLCÁN.PNG |

Figura 3.29 Resultados cota de inundación para el río Volcán en el área del zodme 22 UF1

Fuente: (ECOGERENCIA LTDA, 2016; Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2016)

* Modelamiento Quebrada los Monos

Teniendo en cuenta la metodología realizada para el río Volcan en la Zodme 22 UF1, se realiza el modelamiento para las Zodmes 27UF2 y 25 UF2 ubicadas en la cuenca de la quebrada de los Monos.

Teniendo en cuenta la ubicación de la Zodme 27 y Zodme 25 UF2, se concluye que:

* La cota máxima de inundación obtenida es de 892 m.s.n.m, la Zodme 25UF2 se encuentra en la cota 896 m.s.n.m a una distancia de 30 metros del area de inundación, por tal motivo la lámina no afectara la Zodme en épocas de inundación. Ver Figura 3.30
* La cota máxima de inundación obtenida es de 886 m.s.n.m, y la Zodme 27UF2 se encuentra en la cota 887 m.s.n.m y se encuentra más de 25m del área de inundación modelada a 100 año, por tal motivo es poco probable que la lámina afectara la Zodme en épocas de inundación, como se observa en la Figura 3.31

En el Anexo Capitulo 3, Numeral 3.2.5, Modelo de Inundación/Quebrada los Monos se podrán observar el modelamiento realizado para esta quebrada en la ubicación de las Zodme 27-UF2 Y 25-UF2se puede encontrar que

|  |
| --- |
| C:\Users\ambiental1\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\ZONA INUNDACIÓN MONOS 1.png |

Figura 3.30 Resultados cota de inundación para la Quebrada los Monos ZODME 25-UF2

Fuente: (ECOGERENCIA LTDA, 2016; Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2016)

|  |
| --- |
| C:\Users\ambiental1\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\ZONA INUNDACIÓN MONOS 2.png |

Figura 3.31 Resultados cota de inundación para la Quebrada los Monos ZODME 27-UF2

Fuente: (ECOGERENCIA LTDA, 2016; Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, 2016)

### **Residuos peligrosos y no peligrosos**

A continuación, se indican los tipos y clasificación de residuos a generar, la cantidad y las opciones de tratamiento, manejo y disposición, teniendo en cuenta lo establecido en el decreto 2981 de 2013 “Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo” y lo previsto por el decreto 4741 de 2005 “por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”.

Igualmente, para el presente proyecto se considera que durante la ejecución y operación del mismo no se dispondrá de un relleno sanitario propio, toda vez que la totalidad de los residuos generados se manejarán con empresas especializadas o entidades prestadoras de servicios públicos de la región.

#### Clasificación de los residuos Generados.

La clasificación de los residuos que se podrían generar durante la construcción y operación del proyecto, se clasificaron de acuerdo a lo contemplado por Norma Técnica Colombiana GTC-24, como se relaciona en la Tabla 3‑45:

Tabla 3‑45 Tipo de Residuo para la separación en la fuente y manejo

| **Tipo** | **Clasificación** | **Residuo a Generar** | **Manejo** |
| --- | --- | --- | --- |
| **Residuos No Peligrosos**  Se entiende como residuos sólidos no peligroso a todo desecho sólido que no es considerado como peligroso, es decir, que no represente una amenaza sustancial, presente. | Aprovechables | * Cartón y papel de oficina * Vidrio (botellas recipientes) * Plásticos (bolsas, envases) * Residuos metálicos (Partes y piezas de equipos, residuos de varillas, tuberías, aceros etc., provenientes de los diferentes frentes de obra) * Empaques compuestos (Tetra pack, vasos, contenedores desechables) | Reciclaje y  Reutilización  Estos podrán ser entregados a las cooperativas de reciclajes para su recuperación |
| No Aprovechables | * Papel Tissue (papel higiénico, servilletas, toallas de mano). * Papel encerado y metalizado * Material de barrido * Icopor | Disposición final en rellenos sanitarios locales, teniendo en cuenta las Microrutas de recolección de los municipios de remedios, Vegachí , Yalí, Alto de Dolores y maceo |
| Orgánicos Biodegradables | * Residuos de comida   (desperdicios orgánicos provenientes de la operación de los campamentos que se encuentren dentro de los terrenos o zonas donde se lleve a cabo las obras) | Los residuos orgánicos pueden ser transformados a través del compost en material orgánico Estos residuos también pueden ser dispuestos en rellenos sanitarios locales |
| **Residuos Peligrosos**  El residuo o desecho peligroso es aquel que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para 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, 2005) | | * Químicos (aceites, pinturas, envases de combustibles, lubricantes, solventes, cemento y pinturas) * Residuos provenientes de enfermería o botiquines. * Materiales utilizados para contener o recoger derrames de combustibles —estopa—. Otros elementos como: guantes, overoles, trapos y otros textiles contaminados. * Baterías secas utilizadas en equipos de comunicación o en aparatos electrónicos. Algunas contienen elementos pesados. * Cintas de máquina, tonner de impresoras y fotocopiadoras. * Filtros de aire, combustible o aceite, utilizados por vehículos y alguna maquinaria y equipo. | Entrega de estos residuos a empresas especializadas para su manejo. Dichas empresas deben contar los permisos y autorizaciones para el manejo y disposición final de residuos peligrosos por parte de las autoridades ambientales competentes. |
| **Residuos Especiales**  Son aquellos que por su tamaño, cantidad o composición requiere de una gestión con características diferentes a las convencionales consideradas en el servicio de aseo (ICONTEC, 2009) | | * Escombros * Llantas | Para llantas Establecer convenios con proveedores para devolución  Los residuos como escombros serán dispuestos en las Zonas de Manejo de Escombros y Material de Excavación (ZODME) establecidos para el proyecto |

Fuente: Adaptado para el proyecto a partir de GTC-24

#### Estimación de los residuos generados.

Durante la fase de construcción las generaciones de residuos provienen principalmente de las diferentes instalaciones de infraestructura instalada (campamentos, plantas de procesos, instalaciones temporales en frentes de obra). A continuación, se describe la estimación de generación en kilos y por tipos de residuos, producto de las actividades constructivas del proyecto:

##### Residuos domésticos

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-día. De acuerdo a lo anterior, en la Tabla 3‑46 se calcula la producción día de residuos domésticos en campamentos habitacionales.

Tabla 3‑46 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-día) | 0.45 |
| Total de residuos domésticos generados (kg/día) | 90 |
| Total de residuos domésticos generados al mes (kg/mes) | 2700 |

Fuente: Autopista Río Magdalena 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

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 3‑47 se proyecta la producción de residuos sólidos:

Tabla 3‑47 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 vía Bogotá Villavicencio.

Fuente: (Moncada Rojas, Ramirez Naranjo, & Chavez Porras, 2009)

En los Informes de Cumplimiento Ambiental – ICA, presentados ante la autoridad competente se especificará las cantidades de residuos generados durante la etapa constructiva y operativa del proyecto, resaltando su manejo y disposición final.

#### Impactos generados

La identificación de impactos generados por la generación de residuos durante la ejecución del proyecto, se describen en el capítulo 8 del presente documento, donde se desarrolla la evaluación ambiental para todas las actividades 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 PGRS de los municipios de Remedios, Vegachí, Yalí, Yolombó y Maceo.

A continuación, se describen las medidas de manejo para los residuos generados por la actividad.

##### Residuos no peligrosos

Para los residuos no peligrosos generados durante las obras realizadas en los municipios de Remedios – Antioquia, serán entregados previa separación, a la Empresa Aguas del Nordeste para ser dispuestos en el relleno sanitario de la vereda Martana. (Alcaldia Municipal de Remedios, 2012)

De igual manera para los frentes de obra y actividades realizadas en el municipio de Yolombó se entregarán de manera directa los residuos no peligrosos a la Empresa de Servicios Públicos de Yolombó, los cuales serán dispuestos en el Parque Ambiental La Pradera. (Alcaldia Municipal de Yolombó, 2005)

Para las áreas de campamentos y plantas ubicadas en el municipio de Vegachí, los residuos no peligrosos serán entregados a la Empresa de Servicios Públicos de Vegachí (EPV), la cual recolectara estos residuos en los puntos de acopio temporal ubicados dentro de las instalaciones de campamentos y plantas. (Alcaldia Municipal de Vegachí, 2012)

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 orgánicos provenientes de las áreas de casino, se podrán realizar convenios con plantas de compostaje o lombricultura que se encuentren y registren en el área, en los PGRIS de los municipios no se encuentra ninguna registrada.

Esta labor la realizara 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 contará con planes de separación de residuos sólidos dentro de las instalaciones de campamentos, plantas y frentes de obra.

Estos residuos se llevarán 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 encargarán 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 los municipios un sitio para la disposición de residuos de escombros o escombrera. Por tal motivo la Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S, debe garantiza su correcta disposición a través de las diferentes Zonas de manejo de escombros y material de excavación (ZODME) establecidas para el desarrollo del proyecto.

##### Residuos Peligrosos

Actualmente no existe en los municipios sitios para el manejo de residuos peligrosos como baterías, llantas, aceites usados, entre otros, estos deberán ser recolectados en contenedores adecuados para este tipo de residuos.

El anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.6 Muestra las empresas que se encuentran autorizadas por Corantioquia y otras corporaciones para el manejo y disposición de residuos.

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

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.

### **Costos del proyecto**

El costo estimado para la ejecución del proyecto “Construcción de la vía Remedios- Alto de Dolores” se relaciona a continuación:

Costo Total de la Inversión para el proyecto es de $ 783.702.550.200 son setecientos ochenta y tres mil setecientos dos millones quinientos cincuenta mil doscientos pesos exactos.

### **Cronograma del proyecto**

El proyecto “Construcción de la vía Remedios- Alto de Dolores”, tendrá una duración total de 5 años. La ejecución de las obras será como se indica en el cronograma del proyecto, incluido en el Anexo Capítulo 3, Numeral 3.2.8

### **Organización del proyecto**

A continuación, la Figura 3.32 muestra el organigrama de obra propuesto para el desarrollo de las actividades asociadas al proyecto “Construcción de la vía Remedios – Alto Dolores en el departamento de Antioquia” la cual corresponde a las unidades funcionales UF1 y UF2.

|  |
| --- |
| | |

Figura 3.32 Organigrama de obra para el proyecto

Fuente Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

# Bibliografía

Alcaldia Municipal de Remedios. (Enero de 2012). Plan de desarrollo Municipal, 2012 -2015. Remedios, Antioquia, Colombia: Alcaldia Municipal.

Alcaldia Municipal de Vegachí. (Enero de 2012). Plan de desarrollo municipal, 2012- 2015. Vegachí, Antioquia, Colombia.

Alcaldia Municipal de Yolombó. (09 de 2005). Plan de gestion integral de residuos solidos en el municipio de Yolombó, 2006-2021. Yolombó, Antioquia, Colombia: Alcaldia Municipal de Yolombó.

Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S. (Octubre de 2015). Bogota.

Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S. (2016).

Congreso de la Republica. (16 de 06 de 2008). Ley 1228 . Bogota.

ECOGERENCIA LTDA. (2016). Bogotá.

Grupo TYPSA Ingenieros Consultores y Arquitectos. (2013). *Autopista al Río Magdalena 2, Capítulo 3: Diseño de Taludes.* Bogota: Grupo TYPSA .

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.

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)