



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Cali

## **Diseño Vial en Monte Alegre**

Juan Camilo Ayala Lozano

Alejandro Feijoo Otalvaro

Melanny Varela Montoya

Ana Maria Azcarate Garcia

Pontificia Universidad Javeriana Cali

Facultad de Ingeniería y Ciencias

Ing. Orlando Cundumi Sanchez

Ing. Javier Alexander Pérez Caicedo

Santiago de Cali, Julio 28 de 2024



---

## Contenido

|  |    |
|--|----|
| <b>Contenido</b> .....   | 2  |
| <b>Lista de tablas</b> .....   | 11 |
| <b>Lista de Figuras</b> .....  | 15 |
| <b>1. Resumen</b> .....  | 17 |
| <b>2. Introducción</b> .....   | 18 |
| <b>3. Objetivos</b> .....  | 19 |
| <b>3.1. Objetivo general</b> .....   | 19 |
| <b>3.2. Objetivo específico</b> .....  | 19 |
| <b>4. Marco referencial</b> .....  | 20 |
| <b>4.1. Infraestructura de vías en Municipio de Palmira, Valle del cauca- Monte alegre.</b> .. | 20 |
| <b>4.2. Topografía</b> .....   | 21 |
| <b>4.3. Demografía</b> .....   | 22 |
| <b>4.3.1. Viviendas</b> .....  | 22 |
| <b>4.3.2. Población</b> .....  | 22 |
| <b>4.3.3. Sociedad</b> .....   | 22 |



---

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 4.3.4.   | <i>Alcantarillado y tratamiento de aguas residuales</i> | 23 |
| 4.3.5.   | <i>Estudio de suelos</i>                                | 23 |
| 5.       | <b>Marco conceptual</b>                                 | 25 |
| 5.1.     | <b>Diseño geométrico</b>                                | 25 |
| 5.1.1.   | <i>Clasificación de la carretera</i>                    | 25 |
| 5.1.2.   | <i>Controles para el Diseño Geométrico</i>              | 26 |
| 5.1.2.1. | <i>Velocidad de Diseño</i>                              | 26 |
| 5.1.2.2. | <i>Velocidad de Específica.</i>                         | 28 |
| 5.1.2.3. | <i>Vehículo de Diseño.</i>                              | 30 |
| 5.1.3.   | <i>Distancias de visibilidad</i>                        | 32 |
| 5.1.3.1. | <i>Distancia de visibilidad de parada.</i>              | 32 |
| 5.1.3.2. | <i>Distancia de visibilidad de adelantamiento.</i>      | 35 |
| 5.1.3.3. | <i>Distancia de visibilidad de cruce.</i>               | 36 |
| 5.1.4.   | <i>Diseño en Planta del Eje de la Carretera.</i>        | 37 |
| 5.1.4.1. | <i>Empalme Espiral - Círculo - Espiral.</i>             | 37 |
| 5.1.4.2. | <i>Empalme Circular Simple.</i>                         | 37 |



---

|  |           |
|--|-----------|
| <i>5.1.4.3. Radio mínimo y peralte máximo. ....</i>                                    | <i>38</i> |
| <i>5.1.4.4. Transición de peraltes. ....</i>   | <i>41</i> |
| <i>5.1.4.5. Longitud de transición en curvas con espirales de transición. ....</i>     | <i>42</i> |
| <i>5.1.4.6. Longitud mínima y máxima de la curva espiral. ....</i>                     | <i>43</i> |
| <i>5.1.4.7. Entretangencias horizontales máximas y mínimas. ....</i>                   | <i>43</i> |
| <i>5.1.5. Diseño en Perfil del Eje de la Carretera. ....</i>                           | <i>45</i> |
| <i>5.1.5.1. Tangentes Verticales. ....</i>   | <i>45</i> |
| <i>5.1.5.1.1. Pendiente mínima. ....</i>   | <i>45</i> |
| <i>5.1.5.1.2. Pendiente máxima. ....</i>   | <i>45</i> |
| <i>5.1.5.1.3. Longitud mínima. ....</i>  | <i>46</i> |
| <i>5.1.5.1.4. Longitud máxima. ....</i>  | <i>47</i> |
| <i>5.1.5.2. Curvas Verticales. ....</i>  | <i>48</i> |
| <i>5.1.5.2.1. Longitud de las curvas verticales. ....</i>                              | <i>49</i> |
| <i>5.1.5.2.1.1. Longitud de la curva vertical según el criterio de drenaje. ....</i>   | <i>49</i> |
| <i>5.1.5.2.1.2. Longitud de la curva vertical según el criterio de operación. ....</i> | <i>50</i> |
| <i>5.1.5.2.1.3. Longitud de la curva vertical según el criterio de seguridad. ....</i> | <i>50</i> |



---

|  |    |
|--|----|
| 5.1.5.2.1.3.1. Longitud de la curva vertical según el criterio de seguridad para curvas<br>convexas. | 50 |
| 5.1.5.2.1.3.2. Longitud de la curva vertical según el criterio de seguridad para curvas<br>cóncavas. | 50 |
| 5.1.6. Intersecciones .....  | 51 |
| 5.2. Hidráulica .....  | 52 |
| 5.2.1. Drenaje vial .....  | 52 |
| 5.2.2. Alcantarillas .....   | 58 |
| 5.2.3. Alcantarillado sanitario .....  | 65 |
| 5.3. Estudio de suelos .....   | 69 |
| 5.3.1. Limite Liquido (LL) .....   | 69 |
| 5.3.2. Limite Plástico (LP) .....  | 70 |
| 5.4. Análisis de estabilidad geológica.....  | 72 |
| 5.4.1. Estabilización de taludes .....   | 72 |
| 5.5. Pavimento .....   | 74 |
| 5.5.1. Transito .....  | 74 |
| 5.5.2. Clima .....   | 75 |



---

|  |     |
|--|-----|
| 5.5.3. <i>Suelo</i> .....  | 80  |
| 5.6. Señalización .....  | 83  |
| 5.6.1. <i>Tipos de señalización</i> .....  | 83  |
| 6. Marco teórico.....  | 93  |
| 6.1. Estado actual de la red terciaría municipio de Palmira, Valle del cauca – Monte<br>alegre | 93  |
| 6.2. Evaluación de las condiciones del terreno .....   | 97  |
| 6.3. Criterios de diseño y directrices de la red vial en Monte alegre .....                    | 98  |
| 6.3.1. Diseño Geométrico de las carreteras.....  | 98  |
| 6.3.2. Drenaje vial .....  | 98  |
| 6.3.3. <i>Alcantarillado sanitario</i> .....   | 100 |
| 6.3.4. <i>Estudio de suelos</i> .....  | 101 |
| 6.3.5. <i>Principio de estabilización de taludes</i> .....                                     | 101 |
| 6.4. Pavimentos.....   | 103 |
| 6.5. Señalización .....  | 103 |
| 7. Metodología .....   | 104 |



---

|   |            |
|---|------------|
| <b>7.1. Diseño geométrico .....</b>                                     | <b>104</b> |
| <b>7.2. Drenaje vial.....</b>   | <b>106</b> |
| <b>7.2.1. Refuerzo estructural para el sistema de drenaje vial.....</b> | <b>107</b> |
| <b>7.3. Alcantarillado sanitario .....</b>                              | <b>108</b> |
| <b>7.3.1. Caudales .....</b>  | <b>108</b> |
| <b>7.3.2. Diámetros de la tubería .....</b>                             | <b>109</b> |
| <b>7.4. Estudio de suelos .....</b>                                     | <b>111</b> |
| <b>7.5. Geotecnia .....</b>   | <b>115</b> |
| <b>7.6. Pavimentos.....</b>   | <b>117</b> |
| <b>7.7. Presupuesto y programación.....</b>                             | <b>121</b> |
| <b>7.7.1. Presupuesto .....</b>   | <b>121</b> |
| <b>7.7.2. Programación .....</b>  | <b>122</b> |
| <b>8. Resultados.....</b>   | <b>123</b> |
| <b>8.1. Diseño geométrico .....</b>                                     | <b>123</b> |
| <b>8.1.1. Clasificación de la Carretera.....</b>                        | <b>123</b> |
| <b>8.1.2. Controles para el Diseño Geométrico. ....</b>                 | <b>123</b> |



---

|   |     |
|---|-----|
| 8.1.2.1. <i>Velocidad de Diseño.</i> .....                            | 123 |
| 8.1.2.2. <i>Velocidad de Específica.</i> .....                        | 124 |
| 8.1.2.3. <i>Vehículo de Diseño.</i> .....                             | 125 |
| 8.1.3. <i>Distancias de visibilidad.</i> .....                        | 126 |
| 8.1.3.1. <i>Distancia de visibilidad de parada.</i> .....             | 126 |
| 8.1.3.2. <i>Distancia de visibilidad de adelantamiento.</i> .....     | 126 |
| 8.1.3.3. <i>Distancia de visibilidad de cruce.</i> .....              | 127 |
| 8.1.4. <i>Diseño en planta del eje de la carretera.</i> .....         | 127 |
| 8.1.4.1. <i>Empalmes.</i> .....                                       | 127 |
| 8.1.4.2. <i>Transición de peraltes.</i> .....                         | 128 |
| 8.1.4.3. <i>Longitud máxima y mínima de la curva espiral.</i> .....   | 128 |
| 8.1.4.4. <i>Entretangencias horizontales máximas y mínimas.</i> ..... | 128 |
| 8.1.5. <i>Diseño en perfil del eje de la carretera.</i> .....         | 129 |
| 8.1.5.1. <i>Tangentes Verticales.</i> .....                           | 129 |
| 8.1.5.1.1. <i>Pendiente mínima.</i> .....                             | 129 |
| 8.1.5.1.2. <i>Pendiente máxima.</i> .....                             | 129 |



---

|  |     |
|--|-----|
| 8.1.5.1.3. <i>Longitud mínima.</i> .....                                       | 129 |
| 8.1.5.1.4. <i>Longitud máxima.</i> .....                                       | 129 |
| 8.1.5.2. <i>Curvas Verticales.</i> .....                                       | 130 |
| 8.1.6. <i>Intersecciones.</i> .....  | 131 |
| 8.2. <i>Drenaje vial.</i> .....  | 133 |
| 8.2.1. <i>Cunetas con poceta receptora y alcantarilla</i> .....                | 133 |
| 8.2.2. <i>Alcantarilla a la que tributa superficie lateral a la vía.</i> ..... | 140 |
| 8.3. <i>Alcantarillado sanitario</i> .....                                     | 143 |
| 8.3.1. <i>Requisitos mínimos de la norma</i> .....                             | 143 |
| 8.3.2. <i>Caudales</i> .....   | 144 |
| 8.3.3. <i>Pendientes</i> .....   | 145 |
| 8.3.4. <i>Parámetros de diseño</i> .....                                       | 145 |
| 8.4. <i>Estudio de suelos</i> .....  | 147 |
| 8.5. <i>Estabilización de taludes</i> .....                                    | 154 |
| 8.5.1. <i>Sugerencias</i> .....  | 155 |
| 8.6. <i>Pavimentos</i> .....   | 162 |



|   |            |
|---|------------|
| <b>8.7. Señalización .....</b>              | <b>168</b> |
| <b>8.8. Presupuesto y programación.....</b> | <b>168</b> |
| <b>8.9. Planos .....</b>                    | <b>172</b> |
| <b>9. Conclusión .....</b>                  | <b>173</b> |
| <b>10. Anexos .....</b>                     | <b>175</b> |
| <b>11. Referencias.....</b>                 | <b>176</b> |



---

## Lista de tablas

|                       |    |
|-----------------------|----|
| <b>Tabla 1</b> .....  | 27 |
| <b>Tabla 2</b> .....  | 29 |
| <b>Tabla 3</b> .....  | 30 |
| <b>Tabla 4</b> .....  | 34 |
| <b>Tabla 5</b> .....  | 34 |
| <b>Tabla 6</b> .....  | 35 |
| <b>Tabla 7</b> .....  | 40 |
| <b>Tabla 8</b> .....  | 40 |
| <b>Tabla 9</b> .....  | 41 |
| <b>Tabla 10</b> ..... | 44 |
| <b>Tabla 11</b> ..... | 46 |
| <b>Tabla 12</b> ..... | 46 |
| <b>Tabla 13</b> ..... | 47 |
| <b>Tabla 14</b> ..... | 50 |
| <b>Tabla 15</b> ..... | 54 |
| <b>Tabla 16</b> ..... | 55 |



---

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| <b>Tabla 17</b> ..... | 61  |
| <b>Tabla 18</b> ..... | 110 |
| <b>Tabla 19</b> ..... | 116 |
| <b>Tabla 20</b> ..... | 116 |
| <b>Tabla 21</b> ..... | 117 |
| <b>Tabla 22</b> ..... | 118 |
| <b>Tabla 23</b> ..... | 119 |
| <b>Tabla 24</b> ..... | 119 |
| <b>Tabla 25</b> ..... | 120 |
| <b>Tabla 26</b> ..... | 124 |
| <b>Tabla 27</b> ..... | 126 |
| <b>Tabla 28</b> ..... | 127 |
| <b>Tabla 29</b> ..... | 127 |
| <b>Tabla 30</b> ..... | 127 |
| <b>Tabla 31</b> ..... | 128 |
| <b>Tabla 32</b> ..... | 128 |
| <b>Tabla 33</b> ..... | 130 |
| <b>Tabla 34</b> ..... | 134 |
| <b>Tabla 35</b> ..... | 134 |



---

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| <b>Tabla 36</b> ..... | 135 |
| <b>Tabla 37</b> ..... | 135 |
| <b>Tabla 38</b> ..... | 135 |
| <b>Tabla 39</b> ..... | 139 |
| <b>Tabla 40</b> ..... | 139 |
| <b>Tabla 41</b> ..... | 141 |
| <b>Tabla 42</b> ..... | 143 |
| <b>Tabla 43</b> ..... | 144 |
| <b>Tabla 44</b> ..... | 145 |
| <b>Tabla 45</b> ..... | 146 |
| <b>Tabla 46</b> ..... | 147 |
| <b>Tabla 47</b> ..... | 148 |
| <b>Tabla 48</b> ..... | 149 |
| <b>Tabla 49</b> ..... | 162 |
| <b>Tabla 50</b> ..... | 163 |
| <b>Tabla 51</b> ..... | 164 |
| <b>Tabla 52</b> ..... | 165 |
| <b>Tabla 53</b> ..... | 166 |
| <b>Tabla 54</b> ..... | 167 |



|                       |     |
|-----------------------|-----|
| <b>Tabla 55</b> ..... | 168 |
| <b>Tabla 56</b> ..... | 168 |
| <b>Tabla 57</b> ..... | 169 |
| <b>Tabla 58</b> ..... | 171 |



---

## Lista de Figuras

|                        |     |
|------------------------|-----|
| <b>Figura 1</b> .....  | 36  |
| <b>Figura 2</b> .....  | 42  |
| <b>Figura 3</b> .....  | 48  |
| <b>Figura 4</b> .....  | 63  |
| <b>Figura 5</b> .....  | 64  |
| <b>Figura 6</b> .....  | 65  |
| <b>Figura 7</b> .....  | 84  |
| <b>Figura 8</b> .....  | 85  |
| <b>Figura 9</b> .....  | 86  |
| <b>Figura 10</b> ..... | 87  |
| <b>Figura 11</b> ..... | 88  |
| <b>Figura 12</b> ..... | 89  |
| <b>Figura 13</b> ..... | 94  |
| <b>Figura 14</b> ..... | 95  |
| <b>Figura 15</b> ..... | 96  |
| <b>Figura 23</b> ..... | 112 |
| <b>Figura 24</b> ..... | 113 |
| <b>Figura 16</b> ..... | 125 |



---

|                        |     |
|------------------------|-----|
| <b>Figura 17</b> ..... | 131 |
| <b>Figura 18</b> ..... | 131 |
| <b>Figura 19</b> ..... | 132 |
| <b>Figura 20</b> ..... | 132 |
| <b>Figura 21</b> ..... | 138 |
| <b>Figura 22</b> ..... | 142 |
| <b>Figura 25</b> ..... | 150 |
| <b>Figura 26</b> ..... | 151 |
| <b>Figura 27</b> ..... | 152 |
| <b>Figura 28</b> ..... | 153 |
| <b>Figura 23</b> ..... | 154 |
| <b>Figura 24</b> ..... | 155 |
| <b>Figura 25</b> ..... | 157 |



---

## 1. Resumen

En el municipio de Palmira, Valle del Cauca, Colombia, específicamente en dirección al oriente, en la localidad de Monte Alegre, se presenta el requerimiento de una infraestructura vial que genere conectividad entre la futura zona residencial y sus respectivas zonas productoras aledañas. Mediante la normativa competente, que ampara los parámetros de diseño de esta estructura en su funcionalidad y en su estética, el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), se busca crear un corredor vial competente que siga los puntos de acceso para la productividad de la comunidad.

El proyecto busca crear los tramos de vía que conectan puntos establecidos en el predio, para cumplir con los requisitos demandados por las actividades de la población que use esta infraestructura, y garantizar la correcta duración y funcionalidad de esta junto a sus elementos complementarios, fundamentales para su uso y desarrollo. Se reconoce la importancia de garantizar la movilidad para esta floreciente comunidad que busca dinamizar las actividades socio económicas en esta apartada localidad. El enfoque técnico busca solventar cualquier problemática posible ante los requerimientos de la comunidad y fortalecer los alcances de la red vial terciaria para enfrentar futuras disputas, brindando accesos seguros y eficientes para el transporte del capital humano, insumos, productos y bienestar a zonas apartadas del territorio colombiano. *Palabras Clave: Infraestructura vial, acceso, vías terciarias, transporte*



## **2. Introducción**

La finalidad de este proyecto consiste en diseñar un tramo de aproximadamente 3 kilómetros de vía pavimentada en el ETCR Los Alticos del municipio de Palmira, valle del cauca, Esta vía conectara la zona residencial proyectada para un aproximado de 50 familias con las diferentes actividades agrícolas y ganaderas que se llevaran a cabo en este territorio por parte de estas mismas. Actualmente aunque no existe la zona residencial, existe una vía demarcado a lo largo del predio, transitable en época seca pero de gran dificultad en épocas de lluvia por lo que se plantea generar una superficie de rodadura apta para el movimiento de personas, equipo y mercancías que ayudaran a la reincorporación a la sociedad colombiana de estas personas una vez parte del conflicto armado, facilitando su movilidad y generando desarrollo para el departamento, esto teniendo en cuenta todas las normativas y parámetros impuestos por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Así, en este proyecto se busca no solo la mejora de la conectividad entre residentes y espacios productivos sino también el promover la seguridad vial y el desarrollo de esta población teniendo en cuenta sus necesidades. A lo largo de este informe se exploran las distintas fases que componen el diseño de esta infraestructura vial.



### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo general**

Realizar el diseño geométrico junto a sus estructuras complementarias necesarias para la conexión entre la zona residencial y las zonas de producción del predio Los Alticos

#### **3.2. Objetivo específico**

- Realizar diseño geométrico detallado para el tramo de vía desde la abscisa K0+000 hasta K0+981 (Entrada), K0+000 hasta K1+184 (Invernaderos) y de K0+000 hasta K1+671 (Principal)
- Diseñar la carretera vial terciaria, añadiendo estructuras complementarias.
- Diseño de obras hidráulicas.
- Realizar un presupuesto y programación para la obra de infraestructura vial.



## **4. Marco referencial**

### **4.1. Infraestructura de vías en Municipio de Palmira, Valle del Cauca- Monte alegre.**

En los últimos cuatro años, la Secretaría de Infraestructura en el municipio de Palmira, Valle del Cauca, ha realizado importantes avances en la mejora de la infraestructura vial, principalmente en zonas aledañas a la capital del departamento. Sin embargo, dicha intervención no ha sido presenciada en zonas aledañas al territorio Monte Alegre, área que posee el predio donde se realiza el presente proyecto.

El acceso a la zona del proyecto está delimitado por dos vías de acceso, el ingreso sobre la vía Pradera – Palmira para realizar un desvío por la vía Ginebra – 31, la cual lleva al corregimiento la Buitrera, ambas vías mencionadas cuentan con una superficie pavimentada perteneciente a sus respectivos corredores viales, pero, al realizar el giro en dirección al corregimiento Chontaduro, la vía se torna rústica, ingresando a quien transita, sobre una carretera irregular de tierra y grava, la cual dificulta el acceso a vehículos con características no lo suficientemente aptas para transitar sobre esta superficie. Por otra parte, la segunda vía de acceso es a partir de la vía Palmira – Tablones, desembocando el recorrido sobre la vía a las barracas, que se extiende hasta el destino, sin embargo, sus



---

características son de una carretera irregular de tierra y grava, lo cual limita de igual forma el tránsito hacia el predio del proyecto.

Las mencionadas carreteras irregulares de tierra y grava presentan un deterioro considerable debido a las lluvias y temporadas de lluvias intensas, lo que ha ocasionado la pérdida de la capa de rodadura.

#### **4.2. Topografía**

El territorio ocupado exhibe una notable diversidad de características de suelo a lo largo de su completa extensión, cuenta con zonas de pendientes relativamente planas hacia el oeste del predio mientras que, por el otro extremo, en el este del predio, se encuentran zonas de agresivas pendientes que dificultan el tránsito y habitabilidad de estas áreas

Ante esta limitación, la comunidad ha optado por destinar estas zonas al pastoreo y tránsito de locales hacia la cantera ubicada hasta lo más alto de dichas pendientes. En cuanto a las áreas ubicadas al oeste, estas son propicias para la agricultura, especialmente para cultivos como la caña de azúcar, como también para hábitat de ganado y vivienda de los locales.



### **4.3. Demografía**

#### **4.3.1. Viviendas**

Al momento de este diseño en el ETCR Los Alticos solo se cuenta con una casona principal donde habitan los actuales mayordomos y encargados del terreno junto a su familia, además de una estructura adicional de vivienda para una cantidad limitada de trabajadores que laboran en el mantenimiento de prados y del terreno en general.

#### **4.3.2. Población**

La población para la cual se realiza este proyecto se basa en excombatientes del conflicto armado colombiano y sus familias, dispuestos a la reincorporación a la sociedad por medio de proyectos productivos colectivos e individuales. Al momento el predio es beneficiario a 43 personas cuyas familias podrán ser luego incorporadas y reunidas en la zona residencial para la cual se realiza la infraestructura vial. La población beneficiada está compuesta por excombatientes que hacían parte del antiguo ETCR Los Monos en Caldonó, Cauca.

#### **4.3.3. Sociedad**

Se estima que las actividades productivas del predio se basen en la agricultura y la ganadería, pero se contempla también expandir actividades al sector turismo, todas estas actividades han sido autorizadas por la Agencia para la Reincorporación y



---

Normalización (ARN) para generar una sociedad autosostenible e incorporarla a la sociedad colombiana.

#### ***4.3.4. Alcantarillado y tratamiento de aguas residuales***

En el predio en el cual se llevará a cabo la obra no existe al momento una población significativa sin embargo lo que busca este proyecto es generar conectividad entre las actividades agrícolas o ganaderas que se vayan a realizar en un futuro y una pequeña urbanización proyectada para 300 habitantes. Al momento Existe un pequeño vertedero donde el agua residual hoy generada por la población y las actividades que ya hay en el predio es tratada y luego vertida a la quebrada aledaña. Por esto se diseñará un sistema de alcantarillado sanitario que conecte la urbanización con el vertedero ya existente, que recibirá caudales mínimos sin embargo se recomienda chequear la eficiencia en tratamiento que pueda tener con el aumento de aguas negras que recibirá esta estructura de tratamiento.

#### ***4.3.5. Estudio de suelos***

Conocer las características del suelo en la zona del proyecto es esencial para generar un diseño adecuado a la realidad y que se comporte de manera eficiente y segura con el paso del tiempo en la adaptación entre la naturaleza y la nueva obra de construcción. Previo a este proyecto la Universidad Nacional realizo un estudio de suelos del predio



en general que mostro gran homogeneidad en el suelo del terreno siendo mayormente un suelo de arcilla arenosa de baja plasticidad con presencia de varias formaciones rocosas a profundidades medias. Igualmente, para la realización de e la vía se deben tomar muestras en puntos específicos por donde se plantea debe pasar la vía para revisar sus características.



## 5. Marco conceptual

### 5.1. Diseño geométrico

#### 5.1.1. Clasificación de la carretera

En el **Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)** [1], se establece la clasificación de las carreteras según su funcionalidad y el tipo de terreno. Los detalles se mencionan a continuación:

#### **Según su funcionalidad:**

- **Primarias:** Son las troncales, transversales y accesos a capitales de departamento. Cumplen la función básica de integrar las principales zonas de producción y consumo del país, así como conectarlo con otros países. Pueden ser de calzadas divididas según las exigencias del proyecto y deben funcionar pavimentadas.
- **Secundarias:** Unen las cabeceras municipales entre sí o conectan una cabecera municipal con una carretera primaria. Pueden funcionar pavimentadas o en afirmado.
- **Terciarias:** Son vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o conectan veredas entre sí. Deben funcionar en afirmado, pero si se pavimentan, deben cumplir con las condiciones geométricas de las vías secundarias.



---

**Según el tipo de terreno:**

- **Terreno plano:** Tiene pendientes transversales menores de cinco grados ( $5^\circ$ ) y pendientes longitudinales normalmente menores de tres por ciento (3%). Conceptualmente, estas carreteras permiten a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que los vehículos livianos.
- **Terreno ondulado:** Tiene pendientes transversales entre seis y trece grados ( $6^\circ$  -  $13^\circ$ ) y pendientes longitudinales entre tres y seis por ciento (3% - 6%).

**5.1.2. Controles para el Diseño Geométrico**

**5.1.2.1. Velocidad de Diseño**

A partir del manual de diseño geométrico, se establece la consistencia de la velocidad a lo largo del trazado de la carretera. La velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que no se sorprenda a los conductores por cambios bruscos y/o frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

La Tabla 2.1 en el Manual de diseño Geométrico de carreteras resume el equilibrio entre el mejor nivel de servicio que se puede ofrecer a los usuarios de las carreteras colombianas y las posibilidades económicas del país, por la cual se escoge la respectiva velocidad de diseño del proyecto en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.

**Tabla 1**

*Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno*

| CATEGORÍA DE LA CARRETERA | TIPO DE TERRENO | VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO $V_{TR}$ (km/h) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------|-----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                           |                 | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 |     |
| Primaria de dos calzadas  | Plano           |   |     |     |     |     |     |     | /// | /// | /// | /// |
|                           | Ondulado        |   |     |     |     |     |     | /// | /// | /// | /// | /// |
|                           | Montañoso       |   |     |     |     |     | /// | /// | /// | /// | /// | /// |
|                           | Escarpado       |   |     |     |     |     | /// | /// | /// | /// | /// | /// |
| Primaria de una calzada   | Plano           |   |     |     |     |     |     | /// | /// | /// | /// | /// |
|                           | Ondulado        |   |     |     |     |     | /// | /// | /// | /// | /// | /// |
|                           | Montañoso       |   |     |     |     | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// |
|                           | Escarpado       |   |     |     |     | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// |
| Secundaria                | Plano           |   |     |     |     | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// |
|                           | Ondulado        |   |     |     | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// |
|                           | Montañoso       |   |     | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// |
|                           | Escarpado       |   |     | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// |
| Terciaria                 | Plano           |   |     | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// |
|                           | Ondulado        |   | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// |
|                           | Montañoso       | ///   | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// |
|                           | Escarpado       | ///   | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// |

*Nota.* Tabla 2.1 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras



---

### **5.1.2.2. Velocidad de Específica.**

Para considerar en el diseño la indisciplina de los conductores es necesario dimensionar los elementos geométricos, curvas y entre tangencias en planta y perfil, para que puedan recorrerse con seguridad a la velocidad máxima con que se abordarían cada elemento geométrico, siendo esta la Velocidad Específica del Elemento.

Para la asignación de la Velocidad Específica de los elementos geométricos en planta, se parte de la Velocidad de Diseño adoptada y asignar la Velocidad Específica de cada una de Las Curvas Horizontales. Con la Velocidad Específica de cada una de Las Curvas Horizontales se evalúa la Velocidad Específica de cada una de Las Entretangencias Horizontales. Ahora, hablando de la Velocidad Específica de los elementos geométricos en perfil, se parte de la Velocidad Específica de Las Curvas Horizontales y de la Velocidad Específica de Las Entretangencias Horizontales para asignar la Velocidad Específica de Las Curvas Verticales. Mientras que, para la Velocidad Específica de Las Tangentes Verticales, se asigna a partir de la Velocidad Específica de Las Entretangencias Horizontales.

Por lo anterior, específicamente para esta asignación en planta, se siguen los parámetros presentados en la Tabla 2, Tabla 2.2 en el Manual de diseño Geométrico de Carreteras, que describe cuando la Velocidad de Diseño es relativamente baja (entre 30 y 50 km/h) la longitud



del Segmento Recto, en función de la cual los conductores toman la decisión para ajustar su velocidad, es menor.

**Tabla 2**

*Velocidad Específica de una curva horizontal incluida en un tramo homogéneo con Velocidad de Diseño*

| Velocidad Específica de la Curva horizontal anterior $V_{CH}$ (km/h) | Velocidad de Diseño del Tramo ( $V_{TR}$ ) $\leq$ 50 km/h |                     |                        |                    |               | Velocidad de Diseño del Tramo ( $V_{TR}$ ) $>$ 50 km/h |                     |                        |                    |               |
|--|---|---------------------|------------------------|--------------------|---------------|--|---------------------|------------------------|--------------------|---------------|
|  | Longitud del Segmento recto anterior (m)                  |                     |                        |                    |               | Longitud del Segmento recto anterior (m)               |                     |                        |                    |               |
|  | $L \leq 70$   | $70 < L \leq 250$   |                        | $250 < L \leq 400$ | $L > 400$     | $L \leq 150$   | $150 < L \leq 400$  |                        | $400 < L \leq 600$ | $L > 600$     |
|  |   | $\Delta < 45^\circ$ | $\Delta \geq 45^\circ$ |                    |               |  | $\Delta < 45^\circ$ | $\Delta \geq 45^\circ$ |                    |               |
| $V_{TR}$   | $V_{TR}$  | $V_{TR}$            | $V_{TR}$               | $V_{TR} + 10$      | $V_{TR} + 20$ | $V_{TR}$   | $V_{TR}$            | $V_{TR}$               | $V_{TR} + 10$      | $V_{TR} + 20$ |
| $V_{TR} + 10$  | $V_{TR} + 10$   | $V_{TR} + 10$       | $V_{TR}$               | $V_{TR} + 10$      | $V_{TR} + 20$ | $V_{TR} + 10$  | $V_{TR} + 10$       | $V_{TR}$               | $V_{TR} + 10$      | $V_{TR} + 20$ |
| $V_{TR} + 20$  | $V_{TR} + 20$   | $V_{TR} + 20$       | $V_{TR} + 10$          | $V_{TR} + 10$      | $V_{TR} + 20$ | $V_{TR} + 20$  | $V_{TR} + 20$       | $V_{TR} + 10$          | $V_{TR} + 10$      | $V_{TR} + 20$ |
| <b>CASO</b>  | <b>1</b>  | <b>2</b>            | <b>3</b>               | <b>4</b>           | <b>5</b>      | <b>1</b>   | <b>2</b>            | <b>3</b>               | <b>4</b>           | <b>5</b>      |

*Nota.* Tabla 2.2 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

Y el análisis realizado se presenta en la Tabla 26, la cual presenta la Velocidad Específica de cada una de Las Curvas Horizontales y la Velocidad Específica de cada una de Las Entretangencias Horizontales.



### 5.1.2.3. *Vehículo de Diseño.*

El vehículo representativo de todos los vehículos que puedan circular por dicha vía se denomina vehículo de diseño, el cual, por la inexistencia de la composición del tránsito definida en el estudio de ingeniería de tránsito para el proyecto en estudio, se asigna como Vehículo de Diseño un Tractocamión de tres ejes con Semirremolque de dos ejes (3S2), pues es el más crítico al que se puede enfrentar el proyecto. Esta selección incide directamente en la definición de las dimensiones de los anchos de carril, calzada, bermas y sobrecanchos de la sección transversal y el radio mínimo de giro en el diseño de las intersecciones.

Las dimensiones de este se encuentran en la Tabla 3, Tabla 2.5 en el Manual de diseño Geométrico de carreteras.

**Tabla 3**

*Dimensiones Principales de los Vehículos de Diseño*

| CATEGORÍA        | LONGITUD TOTAL (m) | ANCHO (m) | LONGITUD TRACTOCAMIÓN (m) | LONGITUD SEMIRREMOLQUE (m) | FIGURA No. |
|------------------|--------------------|-----------|---------------------------|----------------------------|------------|
| Vehículo liviano | 5.00               | 1.80      | -                         | -                          | 2.2.       |
| Bus mediano      | 10.91              | 2.44      | -                         | -                          | 2.3.       |
| Bus grande       | 13.00              | 2.60      | -                         | -                          | 2.4.       |
| 2                | 11.00              | 2.50      | -                         | -                          | 2.5.       |
| 3                | 11.40              | 2.50      | -                         | -                          | 2.6.       |
| 3S2              | 20.89              | 2.59      | 4.57                      | 14.63                      | 2.7.       |

*Nota.* Tabla 2.5 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

En la



---

Tabla **16**, Figura 2.7 en el Manual de diseño Geométrico de Carreteras se pueden observar las trayectorias de giro para el Vehículo de Diseño adoptados en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras para el presente proyecto.

### **5.1.3. Distancias de visibilidad**

#### **5.1.3.1. Distancia de visibilidad de parada.**

Es la distancia necesaria para que un conductor, que circula a la velocidad de proyecto, vea un objeto en su trayectoria y pueda detener su vehículo antes de llegar a él. Esta distancia es crucial para garantizar la seguridad en las carreteras.

Esta, se calcula mediante

$$D_p = 0.695 \cdot V_e + \frac{V_e^2}{87.18}$$

Donde,

*D<sub>p</sub>: Distancia de visibilidad de parada*

*V<sub>e</sub>: Velocidad Específica del elemento sobre el cual se ejerce la maniobra de frenado*

Para carreteras con pendientes de rasante superiores a tres por ciento en ascenso y en descenso, se deberán realizar las correcciones necesarias. A continuación, se calcula la



---

distancia recorrida durante el frenado afectada por la pendiente de la rasante, valor que corrige la distancia final de visibilidad de parada.

$$d = \frac{V_e^2}{254 \cdot \left( \frac{a}{9.81} \pm \frac{p}{100} \right)}$$

Donde,

*d: Distancia recorrida durante el trabajo de frenado*

*p: Pendiente de la rampa*

Los valores de Distancia de visibilidad de parada se reflejan en la Tabla 27.

**Tabla 4**

*Distancias de Visibilidad de parada en tramos a nivel*

| VELOCIDAD<br>ESPECÍFICA<br>Ve | DISTANCIA<br>PERCEPCIÓN-<br>REACCIÓN | DISTANCIA<br>DURANTE EL<br>FRENADO A<br>NIVEL | DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE<br>PARADA |            |
|-------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------------------|------------|
|                               |                                      |   | CALCULADA                             | REDONDEADA |
| (km/h)                        | (m)                                  | (m)   | (m)                                   | (m)        |
| 20                            | 13.9                                 | 4.6   | 18.5                                  | 20         |
| 30                            | 20.9                                 | 10.3  | 31.2                                  | 35         |
| 40                            | 27.8                                 | 18.4  | 46.2                                  | 50         |
| 50                            | 34.8                                 | 28.7  | 63.5                                  | 65         |
| 60                            | 41.7                                 | 41.3  | 83                                    | 85         |
| 70                            | 48.7                                 | 56.2  | 104.9                                 | 105        |
| 80                            | 55.6                                 | 73.4  | 129                                   | 130        |
| 90                            | 62.6                                 | 92.9  | 155.5                                 | 160        |
| 100                           | 69.5                                 | 114.7   | 184.2                                 | 185        |
| 110                           | 76.5                                 | 138.8   | 215.3                                 | 220        |
| 120                           | 83.4                                 | 165.2   | 248.6                                 | 250        |
| 130                           | 90.4                                 | 193.8   | 284.2                                 | 285        |

*Nota.* Tabla 2.6 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

**Tabla 5**

*Distancias de Visibilidad de parada en tramos con pendiente*

| VELOCIDAD<br>ESPECÍFICA<br>Ve<br>(km/h) | DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m) D <sub>P</sub> |      |      |         |      |      |
|---|---|------|------|---------|------|------|
|   | DESCENSO  |      |      | ASCENSO |      |      |
|   | - 3%  | - 6% | - 9% | + 3%    | + 6% | + 9% |
| 20                                      | 20  | 20   | 20   | 19      | 18   | 18   |
| 30                                      | 32  | 35   | 35   | 31      | 30   | 29   |
| 40                                      | 50  | 50   | 53   | 45      | 44   | 43   |
| 50                                      | 66  | 70   | 74   | 61      | 59   | 58   |
| 60                                      | 87  | 92   | 97   | 80      | 77   | 75   |
| 70                                      | 110   | 116  | 124  | 100     | 97   | 93   |
| 80                                      | 136   | 144  | 154  | 123     | 118  | 114  |
| 90                                      | 164   | 174  | 187  | 148     | 141  | 136  |
| 100                                     | 194   | 207  | 223  | 174     | 167  | 160  |
| 110                                     | 227   | 243  | 262  | 203     | 194  | 186  |
| 120                                     | 263   | 281  | 304  | 234     | 223  | 214  |
| 130                                     | 302   | 323  | 350  | 267     | 254  | 243  |

*Nota.* Tabla 2.7 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras



### 5.1.3.2. *Distancia de visibilidad de adelantamiento.*

Puesto a las características de la sección transversal, siendo esta correspondiente a una carretera de dos carriles y dos sentidos, el limitado espacio para desarrollar esta maniobra y la poca afluencia de vehículos esperada, se asigna que la maniobra de adelantamiento es prohibida a lo largo del desarrollo de la vía. Igualmente se presentan en la Tabla 6 las longitudes de adelantamiento requeridas a partir de las velocidades específicas de los elementos del proyecto, reiterando la incapacidad del trazado de permitir esta maniobra.

**Tabla 6**  
*Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos*

| VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA ENTRETANGENCIA HORIZONTAL EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA $V_{ETH}$ (km/h) | VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (km/h) | VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V (km/h) | MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO $D_A$ (m) |            |
|--|--|---|---|------------|
|  |  |   | CALCULADA   | REDONDEADA |
| 20 <sup>1</sup>  | -  | -   | 130   | 130        |
| 30   | 29                                       | 44  | 200   | 200        |
| 40   | 36                                       | 51  | 266   | 270        |
| 50   | 44                                       | 59  | 341   | 345        |
| 60   | 51                                       | 66  | 407   | 410        |
| 70   | 59                                       | 74  | 482   | 485        |
| 80   | 65                                       | 80  | 538   | 540        |
| 90   | 73                                       | 88  | 613   | 615        |
| 100  | 79                                       | 94  | 670   | 670        |
| 110  | 85                                       | 100   | 727   | 730        |
| 120  | 90                                       | 105   | 774   | 775        |
| 130  | 94                                       | 109   | 812   | 815        |

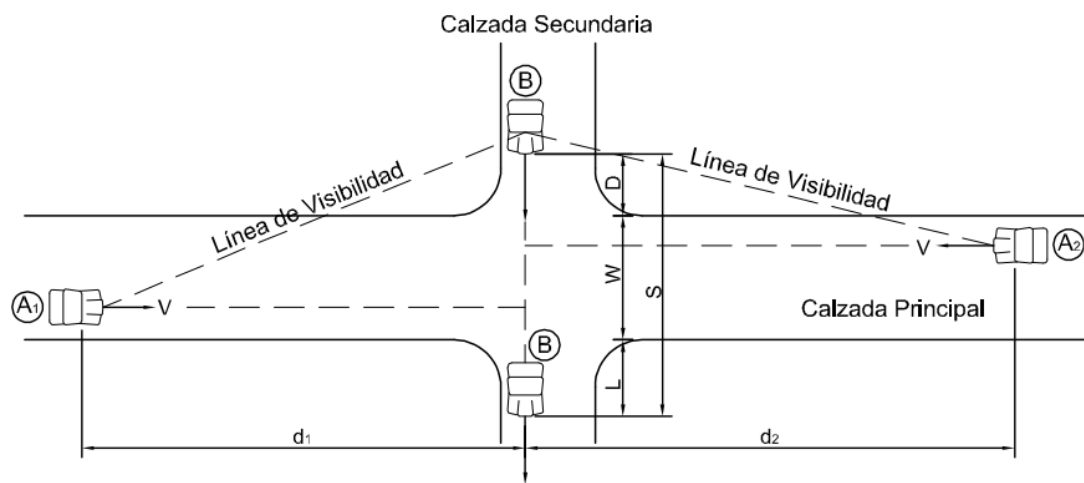
<sup>1</sup> Valor obtenido por extrapolación

*Nota.* Tabla 2.9 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

### 5.1.3.3. Distancia de visibilidad de cruce.

**Figura 1**

*Distancia de Visibilidad en Intersecciones. Triángulo mínimo de visibilidad.*



INTERSECCIÓN CON SEÑAL DE PARE EN LA CALZADA SECUNDARIA

*Nota.* Figura 2.9 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

La distancia de visibilidad para una maniobra de cruce de la calzada principal por un vehículo detenido en la calzada secundaria está basada en el tiempo que le toma a este vehículo en despejar la intersección, y la distancia que recorre un vehículo sobre la calzada principal a la velocidad de diseño durante el mismo tiempo. Según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, esas distancias se calcularon y representaron en la Tabla 28.



#### **5.1.4. Diseño en Planta del Eje de la Carretera**

##### **5.1.4.1. Empalme Espiral - Círculo - Espiral.**

Fue de selección para el proyecto este tipo de empalme, pues se utiliza para mejorar la comodidad y seguridad en el tránsito de los usuarios en las carreteras. Este empalme permite la transición de peraltes en su configuración, lo que homogeniza el trayecto del conductor y garantiza constantemente al diseñador que las características del elemento de cambio de dirección no interrumpen los parámetros de diseño.

Sus elementos geométricos se evalúan en función de la velocidad específica del empalme y el factor de escala seleccionado por cada clotoide.

##### **5.1.4.2. Empalme Circular Simple.**

Este tipo de empalme se seleccionó como único elemento curvo sobre la vía Entrada, pues su capacidad de ser un elemento rígido y compacto permitía su ubicación en el único disloque de vía presente.

Los empalmes circulares simples presentan una curvatura constante, lo que significa que el radio de la curva no cambia a lo largo de la misma. Esto es importante para mantener una experiencia de conducción uniforme y predecible.



Sus elementos geométricos se evalúan en función de la velocidad específica del empalme

**5.1.4.3. Radio mínimo y peralte máximo.**

El radio mínimo se calcula de acuerdo con el criterio de seguridad ante el deslizamiento y es el valor límite de curvatura para una Velocidad Específica, de acuerdo con el peralte máximo y el coeficiente de fricción transversal máxima.

Por las características del terreno del presente proyecto es difícil disponer de longitudes de entretangencia amplias, por lo que no es fácil hacer la transición de peralte. Por lo anterior se considera que el peralte máximo más adecuado para este caso es de seis por ciento.

La



Tabla 7, Tabla 3.3 en el Manual de diseño Geométrico de carreteras, indica los valores de Radio mínimo para diferentes Velocidades Específicas según el peralte y la fricción máximos. Cabe mencionar que los valores de Velocidad específica para cada caso en este proyecto oscilan entre 40km/h y 60km/h.



**Tabla 7**

*Radios mínimos para peralte máximo de 6% y fricción máxima*

| VELOCIDAD ESPECÍFICA (V <sub>CH</sub> ) (km/h) | PERALTE MÁXIMO (%) | COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL f <sub>Tmáx</sub> | TOTAL e <sub>máx</sub> + f <sub>Tmáx</sub> | RADIO MÍNIMO (m) |                   |
|--|--------------------|---|--|------------------|-------------------|
|  |                    |   |  | CALCULADO        | REDONDEADO        |
| 20   | 6,0                | 0,35  | 0,41                                       | 7,7              | 15 <sup>(1)</sup> |
| 30   | 6,0                | 0,28  | 0,34                                       | 20,8             | 21                |
| 40   | 6,0                | 0,23  | 0,29                                       | 43,4             | 43                |
| 50   | 6,0                | 0,19  | 0,25                                       | 78,7             | 79                |
| 60   | 6,0                | 0,17  | 0,23                                       | 123,2            | 123               |

<sup>(1)</sup> La adopción de este valor redondeado se sustenta básicamente en la necesidad de suministrar a los vehículos condiciones de desplazamiento cómodas, en aras de permitir giros sin requerir cambios muy fuertes en su velocidad.

*Nota.* Tabla 3.3 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

Con lo anteriormente mencionado, la Tabla 8, Tabla 3.5 en el Manual de diseño Geométrico de carreteras, presenta la variación de peraltes para radios mayores al Mínimo adoptados a determinadas Velocidades Específicas para el elemento.

**Tabla 8**

*Radios según Velocidad Específica y Peraltes*

| e (%) | V <sub>CH</sub> = 20 km/h<br>R (m) | V <sub>CH</sub> = 30 km/h<br>R (m) | V <sub>CH</sub> = 40 km/h<br>R (m) | V <sub>CH</sub> = 50 km/h<br>R (m) | V <sub>CH</sub> = 60 km/h<br>R (m) |
|-------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1.5   | 194                                | 421                                | 738                                | 1050                               | 1440                               |
| 2.0   | 138                                | 299                                | 525                                | 750                                | 1030                               |
| 2.2   | 122                                | 265                                | 465                                | 668                                | 919                                |
| 2.4   | 109                                | 236                                | 415                                | 599                                | 825                                |
| 2.6   | 97                                 | 212                                | 372                                | 540                                | 746                                |
| 2.8   | 87                                 | 190                                | 334                                | 488                                | 676                                |
| 3.0   | 78                                 | 170                                | 300                                | 443                                | 615                                |
| 3.2   | 70                                 | 152                                | 269                                | 402                                | 561                                |
| 3.4   | 61                                 | 133                                | 239                                | 364                                | 511                                |
| 3.6   | 51                                 | 113                                | 206                                | 329                                | 465                                |
| 3.8   | 42                                 | 96                                 | 177                                | 294                                | 422                                |
| 4.0   | 36                                 | 82                                 | 155                                | 261                                | 380                                |
| 4.2   | 31                                 | 72                                 | 136                                | 234                                | 343                                |
| 4.4   | 27                                 | 63                                 | 121                                | 210                                | 311                                |
| 4.6   | 24                                 | 56                                 | 108                                | 190                                | 283                                |
| 4.8   | 21                                 | 50                                 | 97                                 | 172                                | 258                                |
| 5.0   | 19                                 | 45                                 | 88                                 | 156                                | 235                                |
| 5.2   | 17                                 | 40                                 | 79                                 | 142                                | 214                                |
| 5.4   | 15                                 | 36                                 | 71                                 | 128                                | 195                                |
| 5.6   | 15                                 | 32                                 | 63                                 | 115                                | 176                                |
| 5.8   | 15                                 | 28                                 | 56                                 | 102                                | 156                                |
| 6.0   | 15                                 | 21                                 | 43                                 | 79                                 | 123                                |

*Nota.* Tabla 3.5 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras



#### 5.1.4.4. *Transición de peraltes.*

La Tabla 9, Tabla 3.6 en el Manual de diseño Geométrico de carreteras, presenta los valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para la rampa de peraltes. La pendiente mínima, está determinada, para cualquier velocidad de diseño como la décima parte de la distancia entre el eje de giro y el borde de la calzada (a).

**Tabla 9**

*Valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para rampas de peralte*

| VELOCIDAD<br>ESPECÍFICA<br>( $V_{CH}$ ) (km/h) | PENDIENTE RELATIVA DE LA<br>RAMPA DE PERALTES $\Delta s$ |            |
|--|--|------------|
|  | MÁXIMA (%)   | MÍNIMA (%) |
| 20   | 1.35   | 0.1 x a    |
| 30   | 1.28   |            |
| 40   | 0.96   |            |
| 50   | 0.77   |            |
| 60   | 0.60   |            |
| 70   | 0.55   |            |
| 80   | 0.50   |            |
| 90   | 0.47   |            |
| 100  | 0.44   |            |
| 110  | 0.41   |            |
| 120  | 0.38   |            |
| 130  | 0.38   |            |

*Nota.* Tabla 3.6 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

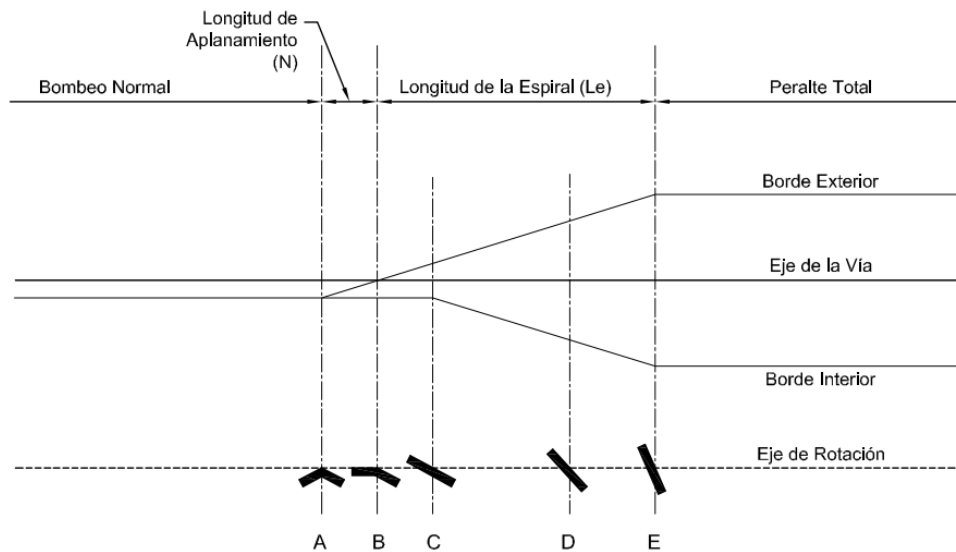
**5.1.4.5. Longitud de transición en curvas con espirales de transición.**

Para el terreno presente en el actual proyecto, la transición de peralte corresponde a la longitud de la espiral más la distancia de aplanamiento.

Debido al arreglo transversal de la vía, la cual es de dos carriles sin separador central, se adopta la rotación de la calzada respecto al eje de la carretera para efectuar la transición del peralte. En la Figura 2, Figura 3.21a en el Manual de diseño Geométrico de Carreteras, se aprecia lo mencionado anteriormente.

**Figura 2**

*Calzada girada al rededor del eje*



*Nota.* Figura 3.21a del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras



#### **5.1.4.6. Longitud mínima y máxima de la curva espiral.**

Para establecer estos parámetros, se establece un Factor de Escala, el cual refiere la relación entre la longitud de arco y el radio de curvatura. En otras palabras, es la proporción entre la longitud de la clotoide y su curvatura.

Para el valor mínimo de Factor de Escala se tienen en cuenta 3 criterios, el primero es la variación uniforme de la aceleración centrífuga no compensada por el peralte, el segundo es la limitación por transición del peralte y el último es de acuerdo con la condición de percepción y de estética. De estos factores evaluados, el mayor valor se convierte inmediatamente en el Mínimo Factor de Escala Adoptado para la Espiral.

Por otro lado, para el valor máximo de Factor de Escala se evalúa de acuerdo un incremento del 10% a la longitud del Radio de Diseño de la Espiral.

Por último, para dar el valor mínimo y máximo se Parte de la ecuación de equilibrio para el Factor de Escala.

#### **5.1.4.7. Entretangencias horizontales máximas y mínimas.**

Para curvas del mismo sentido en el diseño con curvas espirales la entretangencia no puede ser menor a la distancia recorrida en un tiempo de 5 segundos la Velocidad Específica

de la entretangencia horizontal. En la Tabla 10 se aprecian las Longitudes mínimas para entretangencias de acuerdo con las velocidades específicas adoptadas en el proyecto.

**Tabla 10**

*Longitudes mínimas para entretangencias a partir de la velocidad específica del elemento*

| $V_{EH}$<br>(km/h) | $L_{EH, min}$<br>(m) |
|--------------------|----------------------|
| 40                 | 55,56                |
| 50                 | 69,44                |
| 60                 | 83,33                |

*Nota.* Fuente: Propia

Para curvas de distinto sentido, considerando el empleo de curvas espirales como en el empalme de selección, se puede prescindir de tramos de entretangencia rectos.

Ahora de acuerdo con los criterios de entretangencia máxima, se deben acondicionar entretangencias suficientemente largas que permitan cumplir con la Distancia de Visibilidad de Adelantamiento ( $D_a$ ), pero en el caso que se excedan estas distancias por razones propias del diseño es necesario procurar que la longitud máxima de recta no sea superior a quince (15) veces la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal. Este criterio se aplica de igual forma para curvas de igual sentido como para curvas de diferente sentido.



---

### ***5.1.5. Diseño en Perfil del Eje de la Carretera.***

#### ***5.1.5.1. Tangentes Verticales.***

##### ***5.1.5.1.1. Pendiente mínima.***

La pendiente mínima longitudinal de la rasante debe garantizar especialmente el escurrimiento fácil de las aguas lluvias en la superficie de rodadura y en las cunetas.

##### ***5.1.5.1.2. Pendiente máxima.***

La pendiente máxima de una tangente vertical está en relación directa con la velocidad a la que circulan los vehículos, teniendo en dicha velocidad una alta incidencia el tipo de vía que se desea diseñar. Para las vías Terciarias las pendientes máximas se ajustan a velocidades entre veinte y sesenta kilómetros por hora, en donde la necesidad de minimizar los movimientos de tierra y pobre superficie de rodadura son las condiciones dominantes.

Para la selección de la pendiente máxima es necesario considerar dos situaciones. La primera, cuando se requiere adoptar la Pendiente Media Máxima del corredor, la cual debe estar en consonancia con la Velocidad de Diseño del tramo homogéneo (40 km/h). La segunda situación está asociada a la selección de la pendiente máxima de una tangente vertical en particular, caso en el que la pendiente máxima es función de la Velocidad Específica de la tangente vertical.



**Tabla 11**

*Pendiente Media Máxima del corredor de ruta en función de la velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo*

| CATEGORÍA DE LA CARRETERA | VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO<br>$V_{TR}$ (km/h) |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
|---------------------------|--|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
|                           | 20   | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
| Primaria de dos calzadas  | -  | -  | -  | -  | -  | 6  | 6  | 6  | 5   | 5   |
| Primaria de una calzada   | -  | -  | -  | -  | 7  | 7  | 6  | 6  | 5   | -   |
| Secundaria                | -  | -  | 7  | 7  | 7  | 7  | 6  | -  | -   | -   |
| Terciaria                 | 7  | 7  | 7  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -   |

*Nota.* Tabla 4.1 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

**Tabla 12**

*Relación entre la pendiente máxima y la Velocidad Específica de la tangente vertical*

| CATEGORÍA DE LA CARRETERA | VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL $V_{TV}$<br>(km/h) |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|---------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
|                           | 20  | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 |
| Primaria de dos calzadas  | -   | -  | -  | -  | -  | 6  | 6  | 6  | 5   | 5   | 4   | 4   |
| Primaria de una calzada   | -   | -  | -  | -  | 8  | 7  | 6  | 6  | 5   | 5   | 5   | -   |
| Secundaria                | -   | -  | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 6  | 6   | -   | -   | -   |
| Terciaria                 | 14  | 12 | 10 | 10 | 10 | -  | -  | -  | -   | -   | -   | -   |

*Nota.* Tabla 4.2 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

### 5.1.5.1.3. Longitud mínima.

La longitud mínima de las tangentes verticales con Velocidad Específica menor o igual a cuarenta kilómetros por hora será equivalente a la distancia recorrida en siete segundos a dicha velocidad. Las tangentes verticales con Velocidad Específica mayor a cuarenta kilómetros por hora no podrán tener una longitud menor a la distancia recorrida en diez segundos a dicha velocidad, ambas longitudes mencionadas deben ser medidas como

proyección horizontal entre PIV y PIV. Tabla 13, Tabla 4.3 en el Manual de diseño Geométrico de carreteras, sintetiza lo mencionado.

**Tabla 13**

*Longitud mínima de la tangente vertical.*

|  |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL <math>V_{TV}</math> (km/h)</b> | 20 | 30 | 40 | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 | 120 | 130 |
| <b>LONGITUD MÍNIMA DE LA TANGENTE VERTICAL (m)</b>                             | 40 | 60 | 80 | 140 | 170 | 195 | 225 | 250 | 280 | 305 | 335 | 360 |

*Nota.* Tabla 4.3 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

#### **5.1.5.1.4. Longitud máxima.**

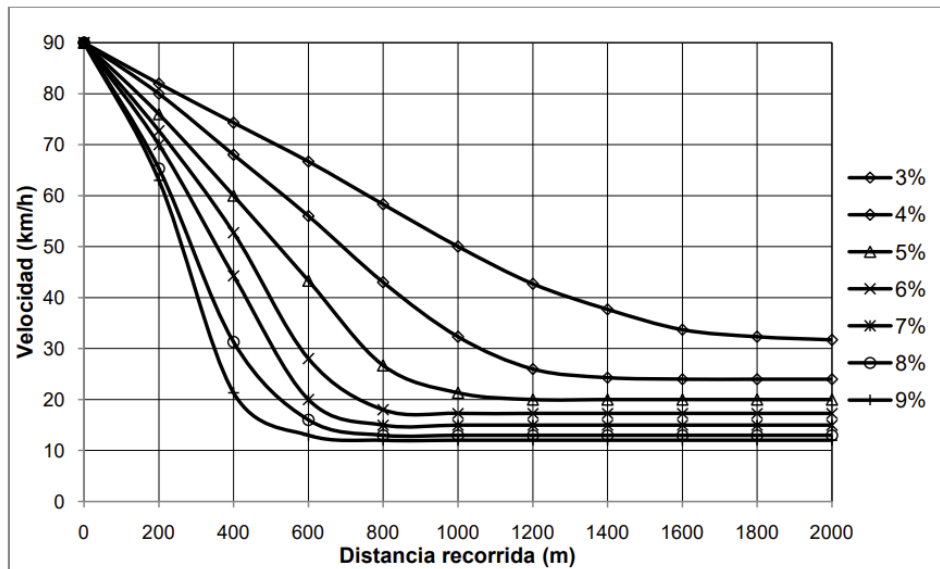
Es la máxima longitud en ascenso sobre la cual un camión puede operar sin ver reducida su velocidad por debajo de un valor prefijado. Se considera que la Longitud crítica de la tangente vertical es aquella en la que el vehículo pesado seleccionado para el diseño sufre una reducción en su velocidad de veinticinco kilómetros por hora con respecto a su velocidad media de operación en tramos a nivel de la carretera que se diseña.

En la Figura 3 y Figura 4.2 en el Manual de diseño Geométrico de carreteras. se presentan las curvas de pérdida de velocidad en función de la pendiente de la tangente vertical para el vehículo de diseño seleccionado. Con dichas curvas es posible determinar la distancia en la que un vehículo que inicia el recorrido de una tangente vertical pierde veinticinco

kilómetros por hora respecto a su velocidad media de operación en tramos a nivel de la carretera que se diseña.

**Figura 3**

*Efecto de las pendientes en los vehículos con relación Peso/Potencia de 180kg/HP*



*Nota.* Figura 4.2 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

### 5.1.5.2. Curvas Verticales.

La curva vertical para este proyecto de acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras es una curva parabólica simétrica



#### **5.1.5.2.1. Longitud de las curvas verticales.**

Este valor se determina a partir de tres criterios esenciales de su funcionamiento, los cuales son el criterio de seguridad, el criterio de operación y el criterio de drenaje.

La longitud de acuerdo con los criterios de operación y drenaje no varían de acuerdo con las facultades de la curva, si esta es cóncava o convexa, por el contrario, el criterio de seguridad sí.

##### **5.1.5.2.1.1. Longitud de la curva vertical según el criterio de drenaje.**

$$K_{max} = 50 = \frac{L}{A} ; L_{max} = 50 \cdot A$$

Dónde,

$K_{max}$ : Distancia horizontal requerida para tener un cambio de pendiente de uno por ciento

$L_{max}$ : Longitud máxima de la curva vertical

$A$ : diferencia algebraica de pendientes transversales



**5.1.5.2.1.2. Longitud de la curva vertical según el criterio de operación.**

**Tabla 14**

*Longitud de la curva vertical de acuerdo con el Criterio de Operación y la Velocidad Específica*

| $V_{CV}$<br>(m) | $L_{cv,min}$<br>(m) |
|-----------------|---------------------|
| 40              | 24                  |
| 50              | 30                  |
| 60              | 36                  |

Nota. Fuente: Propia

**5.1.5.2.1.3. Longitud de la curva vertical según el criterio de seguridad.**

**5.1.5.2.1.3.1. Longitud de la curva vertical según el criterio de seguridad para curvas convexas.**

$$L_{min} = \frac{A \cdot D_p^2}{658}$$

**5.1.5.2.1.3.2. Longitud de la curva vertical según el criterio de seguridad para curvas cóncavas.**

$$L_{min} = \frac{A \cdot D_p^2}{120 + 3.5 \cdot D_p}$$



### **5.1.6. Intersecciones**

Se estiman tres alineamientos fundamentales para que la funcionalidad del proyecto sea realmente beneficiosa, de los mencionados, el primero se ha denominado como “Vía Principal”, ya que es la que abarca la mayor extensión del terreno, conectando de extremo a extremo y su longitud es de 1.6 kilómetros, el segundo es el alineamiento que conecta la entrada al intercepto de la vía principal, atravesando las plantaciones, por lo que esta se denominó “Vía Entrada” y por último, también interceptando la vía principal, pero con dirección hacia los invernaderos, se encuentra la “Vía Invernaderos”. Las intersecciones entre estos alineamientos se previeron para radios de giro de camiones tipo 3S2, de 15 metros y visibilidad hacia los flujos a los que el vehículo desee integrarse.

Las intersecciones presentes en este proyecto son intersecciones a nivel sin canalizar. Haciendo un acercamiento a los parámetros específicos de cada intersección, que deben cumplir a los establecidos por el Manual de Diseño:

- 1) El ángulo de entrada ( $\alpha$ ) debe estar comprendido entre sesenta y noventa grados ( $60^\circ$  -  $90^\circ$ ).
- 2) El Radio mínimo de la curva debe corresponder al Radio mínimo de giro del vehículo de diseño seleccionado.



- 3) La pendiente longitudinal de las calzadas que confluyen debe ser, en lo posible, menor de cuatro por ciento (4.0 %) para facilitar el arranque de los vehículos que acceden a la calzada principal.
- 4) Salvo que la intersección se encuentre en terreno plano, se debe diseñar en la calzada secundaria una curva vertical cuyo PTV coincida con el borde de la calzada principal y de longitud superior a treinta metros (30 m).

## **5.2. Hidráulica**

### **5.2.1. Drenaje vial**

#### **5.2.1.1. Caudal de diseño.**

Para diseñar cunetas, es fundamental determinar el caudal que la estructura deberá transportar. El Manual de Drenajes para Carreteras de INVIAS [2] ofrece una ecuación basada en el método racional para calcular el caudal de diseño.

$$Q = C * I * A$$

Q: Caudal de diseño en m<sup>3</sup>/s.

C: Coeficiente de escorrentía.

I: Intensidad en mm/h

A: Área en m<sup>2</sup>.



#### 5.2.1.2. **Intensidad.**

Es necesario conocer los datos de lluvia que se tomaron en la estación pluviométrica más cerca al proyecto, la cual es la planta NIMA los datos de esta se encuentran en el anexo Diseño hidráulico. Con esto se puede calcular la intensidad que, según el manual de drenajes para carreteras de INVIAS [2] está dada por la siguiente ecuación:

$$i = \frac{a * T * M}{\frac{t}{60}}$$

Donde:

i: Intensidad de precipitación

T: Periodo de retorno

M: Precipitación máxima

t: Duración de la lluvia



**Tabla 15**

*Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas intensidad duración-frecuencia- IDF para Colombia.*

| REGIÓN    |      | a     | b    | c    | d    |
|-----------|------|-------|------|------|------|
| Andina    | (R1) | 0.94  | 0.18 | 0.66 | 0.83 |
| Caribe    | (R2) | 24.85 | 0.22 | 0.5  | 0.1  |
| Pacífico  | (R3) | 13.92 | 0.19 | 0.58 | 0.2  |
| Orinoquía | (R4) | 5.53  | 0.17 | 0.63 | 0.42 |

*Nota.* Clasificación de la región para calcular las curvas IDF. Fuente. Manual de Drenaje de Carreteras de INVIAS [2].

#### **5.2.1.3. Coeficientes de escorrentía.**

Los coeficientes de escorrentía varían dependiendo de los materiales y la relación entre la intensidad y el volumen que escurre. Estos valores son obtenidos de internet ya que depende varios estudios previamente realizados.

**Tabla 16**

*Tabla de coeficientes de escorrentía*

| TIPO Y CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE |                                |   | COEFICIENTE DE ESCORRENTIA                        |
|---|--------------------------------|---|---|
| TERRENO NATURAL                         | Suelo granular con:            | Vegetación densa con pendiente                      | < 5 %<br>0.05 – 0.20                              |
|   |                                |   | > 5 %<br>0.20 – 0.35                              |
|   | Vegetación media con pendiente |   | < 5 %<br>0.10 – 0.30                              |
|   |                                |   | > 5 %<br>0.30 – 0.50                              |
|   | Suelo arcilloso con:           | Vegetación densa con pendiente                      | < 5 %<br>0.15 – 0.30                              |
|   |                                |   | > 5 %<br>0.30 – 0.50                              |
|   | Vegetación media con pendiente | < 5 %<br>0.30 – 0.50                                |   |
|   |                                | > 5 %<br>0.50 – 0.75                                |   |
| SUPERFICIE DE                           | Césped con suelo:              | Arenoso con pendiente del                           | < 2 %<br>0.05 – 0.10                              |
|   |                                |   | 2 – 7 %<br>0.10 – 0.15                            |
|   |                                | Arcilloso con pendiente del                         | < 2 %<br>0.15 – 0.20                              |
|   |                                |   | 2 – 7 %<br>0.18 – 0.22                            |
|   | Pavimento de:                  | Grava, desde limpia y suelta a arcillosa y compacta | > 7 %<br>0.25 – 0.35                              |
|   |                                | Adoquines o bloques                                 | No rejuntados<br>0.20 – 0.60                      |
|   |                                |   | Rejuntados<br>0.50 – 0.70                         |
|   | Cobertura de:                  | Hormigón o aglomerado asfáltico                     | Rejuntados<br>0.75 – 0.85                         |
|   |                                |   | 0.75 – 0.95                                       |
|   | ZONAS MIXTAS URBANIZADAS       | Libres  | Parques, jardines, campos deportivos, cementerios |
|   |                                |   | 0.75 – 1.00                                       |
| Residenciales                           |                                | Con chalés unifamiliares                            | 0.10 – 0.35                                       |
|   |                                | Con viviendas unifamiliares adosadas                | 0.30 – 0.50                                       |
|   |                                | Con bloques de viviendas                            | 0.45 – 0.65                                       |
|   |                                | Con manzanas cerradas                               | 0.50 – 0.70                                       |
| Industriales                            |                                | Con industria ligera                                | 0.65 – 0.85                                       |
|   |                                | Con industria pesada                                | 0.50 – 0.80                                       |
| Administrativo-Comerciales              |                                | En centros de características especiales            | 0.60 – 0.90                                       |
|   |                                | En casco urbano                                     | 0.50 – 0.70                                       |
|   |                                | 0.70 – 0.95   |   |

*Nota.* Datos tomados de [3].



#### 5.2.1.4. Longitud entre cunetas.

La longitud máxima entre cunetas se refiere a la capacidad de la estructura para transportar la esorrentía antes de que el agua se desborde. El Manual de INVIAS [2] nos ofrece la siguiente ecuación para realizar este cálculo.

$$L_{max} = \frac{R^{\frac{2}{3}} * S_0^{0.5} * Acuneta}{2.78 * 10^{-7} * n * C_e * I * W_{impluvium}}$$

Donde:

Lmax: distancia máxima entre cámaras de recolección antes de que se desborde la cuneta, en metros.

R: Radio hidráulico, en metros.

So: Pendiente longitudinal de la vía, en m/m.

Acuneta: Área mojada de la cuneta, en  $m^2$ .

N: Coeficiente de rugosidad.

Ce: Coeficiente de esorrentía.

I: Intensidad, en mm/hora.

Wimpluvium: Distancia que se considera que va a escurrir hacia la cuneta, en metros.



#### 5.2.1.5. Chequeo de cunetas.

Para determinar si la cuneta podrá transportar toda la escorrentía, utilizamos la ecuación de Manning.

$$Q = \frac{1}{n} (A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}})$$

Q: Caudal de diseño en  $\frac{m^3}{s}$ .

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

A: Área mojada en  $m^2$ .

R: Radio hidráulico en m.

S: Pendiente en m/m



#### 5.2.1.6. Cálculo de diámetro de alcantarilla.

Al despejar el diámetro en la ecuación de Manning, se obtiene la fórmula para calcular el diámetro de la alcantarilla. Esta ecuación permite determinar el diámetro máximo de la tubería a través de la cual el caudal se descargará en el terreno. En el caso más crítico, donde la tubería está completamente llena, el ángulo  $\theta$  será  $2\pi$ . Según el Manual de Drenajes para Carreteras de INVIAS [2], el diámetro mínimo de una tubería de alcantarilla es de 0,9 metros.

$$= \frac{2^{13/8} \theta^{1/4}}{(\theta - \sin \theta)^{5/8}} \left( \frac{Q \cdot n}{\sqrt{S}} \right)^{3/8}$$

Donde:

D: Diámetro de la tubería en m.

$\theta$ : Diámetro interno entre el centro de la tubería y el nivel del agua.

Q: Caudal de diseño en m<sup>3</sup>/s.

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

S: Pendiente en m/m.

#### 5.2.2. Alcantarillas

El presente proyecto consta de la realización de una infraestructura vial, la cual requiere cumplir criterios de funcionalidad y seguridad para sus usuarios a lo largo de su vida útil. Por esto, se acude a la construcción de obras complementarias como las alcantarillas para garantizar la no afectación de su



tránsito en situaciones críticas como crecientes y precipitaciones atípicas en la zona. Estas se identifican como conductos de drenaje de longitud corta ubicados en las intersecciones de la red natural de drenaje con las redes de transporte, en el presente caso, una fuente hídrica efímera de empozamiento de aguas pluviales interceptando en la abscisa K0+584 de la Vía Principal.

Se presentan dos tipos de alcantarillas, con poceta receptora y con cabezote y aletas. La primera se enfoca en la recolección de aguas pluviales en la vía por medio de las cunetas, mientras que la segunda, busca permitir el tránsito de aguas pluviales de lado a lado de la vía en el punto de recolección evaluado como un punto de empozamiento tras crecientes con caudales evaluados a 50 años de retorno.



### 5.2.2.1. *Caudal de diseño.*

Puesto que el área de la cuenca que tributa al punto de recolección evaluado como punto de empozamiento de aguas pluviales es de 98.96 m<sup>2</sup> se realiza la evaluación del caudal de diseño a partir del método racional, el cual calcula el pico de aguas lluvias utilizando la intensidad media del evento de precipitación, con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y un coeficiente de permeabilidad. Debido a el sistema de unidades en el que se trabajó el análisis de datos pluviométricos de la Estación Nima para el cálculo de las curvas IDF, se usa la ecuación D.4.21 del título D del RAS.

$$Q = 2.78 \cdot C \cdot i \cdot A$$

Dónde,

$Q$  = Caudal pico de aguas lluvias  $\left(\frac{L}{s}\right)$

$C$  = Coeficiente de impermeabilidad definido para cada área tributaria (adimensional)

**Tabla 17***Coeficientes de impermeabilidad*

| Tipo de superficie  | C    |
|---|------|
| Cubiertas   | 0,90 |
| Pavimentos asfálticos y superficies de concreto   | 0,90 |
| Vías adoquinadas  | 0,85 |
| Zonas comerciales o industriales  | 0,90 |
| Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras                             | 0,75 |
| Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre estos              | 0,75 |
| Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines                   | 0,60 |
| Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados | 0,45 |
| Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios                       | 0,30 |
| Laderas sin vegetación  | 0,60 |
| Laderas con vegetación  | 0,30 |
| Parques recreacionales  | 0,30 |

*Nota.* Tabla D.4.7. Fuente: RAS, Título D (2016)

$i$  = Intensidad de precipitación correspondiente al tiempo de concentración utilizado  $\left(\frac{mm}{s}\right)$

$A$  = Área tributaria de drenaje (ha)

**5.2.2.2. Diseño del conducto de la alcantarilla.****5.2.2.3. Pendiente del ducto.**

La estructura debe contar con el valor de su pendiente entre 0.5% y 5%, teniendo presente que la pendiente ideal es de 2%.

**5.2.2.4. Carga a la entrada.**

Las alcantarillas deben ser diseñadas con un nivel de agua a la entrada inferior a 1.20 veces la altura de la alcantarilla, pues se debe evitar el contacto de la estructura de pavimento con el agua, así como la



afectación de las propiedades aguas arriba, además de proveerse un margen para el paso de material flotante y basuras.

$$H_{MAX} = 1.2 \cdot D$$

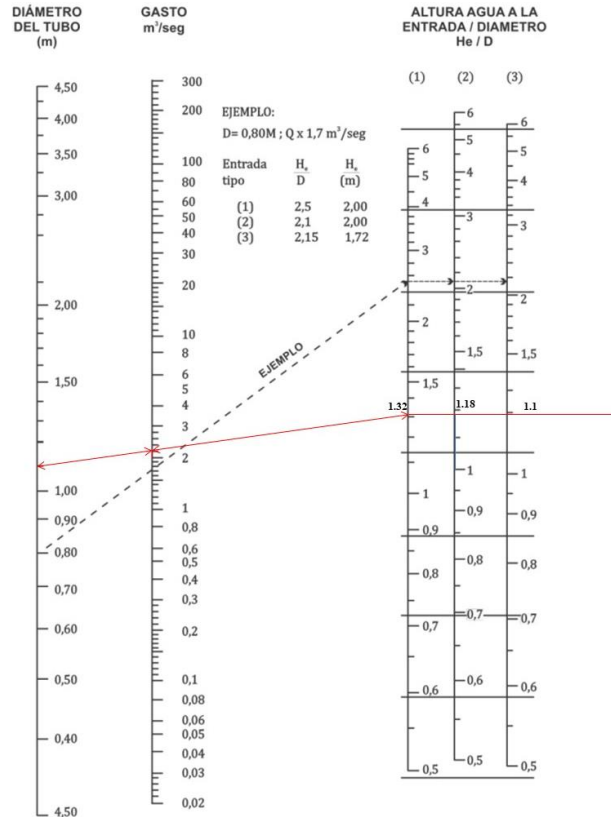
Dónde,

$H_{MAX}$  = Altura máxima de agua a la entrada (m)

$D$  = Diámetro del ducto (m)

**Figura 4**

*Alcantarillas circulares de concreto con control a la entrada*



ESCALA  $H_w/D$  - VER CUADRO EN FIGURA 4.17

**INSTRUCCIONES**

- a) Dado Q y el tipo de alcantarilla obtenemos  $H_w/D$  uniendo D con Q y prolongando hasta la escala (1), para (2) y (3) ver Nota).
- b) Dado  $H_w$ , tipo y tamaño de la alcantarilla, obtenemos Q uniendo  $H_w/D$  de la escala (1) con D (para (2) y (3) ver Nota).
- c) Si se quiere obtener las dimensiones del conducto dados Q,  $H_w$  y el tipo de alcantarilla se procede por tanteo dándose un valor de D.

$$H_{(1)} = 1.32 \cdot 1.1m = 1.45m$$

$$H_{(2)} = 1.18 \cdot 1.1m = 1.3m$$

$$H_{(3)} = 1.1 \cdot 1.1m = 1.21m$$

$$H_{MAX} = 1.1 \cdot 1.2m = 1.32m$$

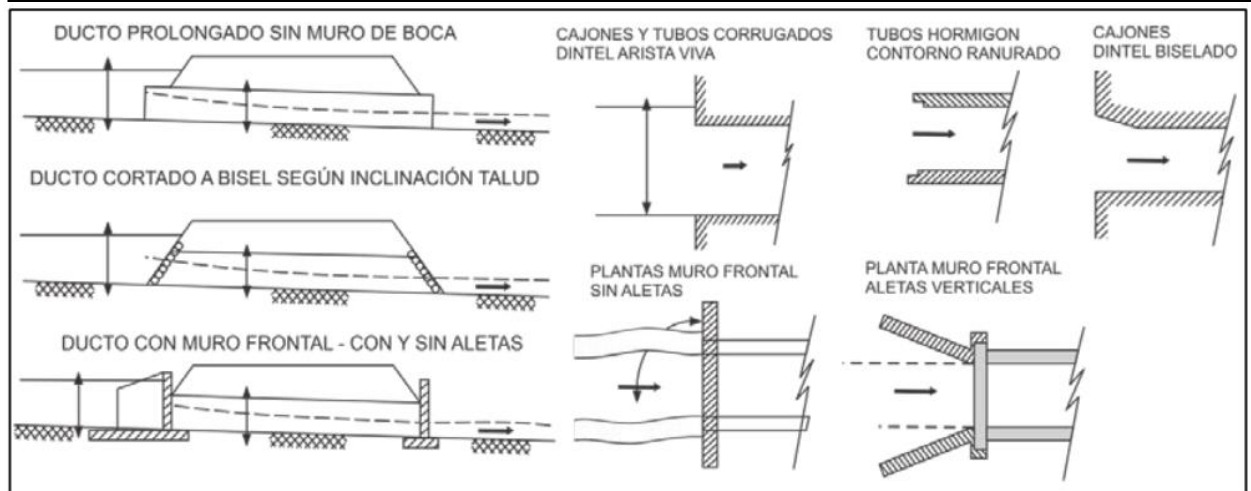
NOTA: Para usar las escalas (2) y (3) prolongar horizontalmente desde o hacia la escala (1) y proceder como en el ejemplo.

Nota. Tabla 4.18. Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras

**Figura 5**

*Clasificación de alcantarillas según condiciones de entrada para cálculo de H con control a la entrada*

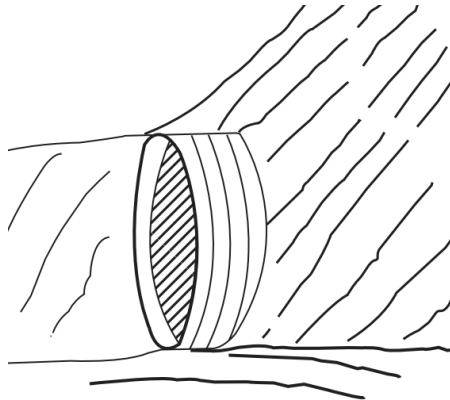
| TIPO DE OBRA   | SOLUCIÓN GRÁFICA (Ábacos) LAMINA ESCALA H <sub>e</sub> /D | SOLUCIÓN ANALÍTICA CÓDIGO | TIPO DE ARISTA | DUCTO PROLONGADO SIN MURO FRONTAL | DUCTO CORTADO A BISEL CON O SIN REV.TALUD | CABEZOTE α° | CON O SIN ALETAS β° |
|--|---|---------------------------|----------------|-----------------------------------|---|-------------|---------------------|
| Tubo circular de concreto prefabricado                 | Figura 4.18 (1)   | 1                         | Viva           | -                                 | -   | α = 90°     | 30° ≤ β ≤ 75°       |
|  | Figura 4.18 (2)   | 2                         | Ranurada*      | -                                 | -   | α = 90°     | 30° ≤ β ≤ 75°       |
|  | Figura 4.18 (3)   | 3                         | Ranurada*      | SI                                | -   | No          | Sin muro ni aletas  |
| Alcantarilla de cajón de concreto construido en sitio. | Figura 4.19 (1)   | 7                         | Viva           | -                                 | -   | α = 90°     | 30° ≤ β ≤ 75°       |
|  | Figura 4.19 (2)   | 8                         | Viva           | -                                 | -   | α = 90°     | β = 15° ó 90°       |
|  | Figura 4.19 (3)   | 9                         | Viva           | -                                 | -   | α = 90°     | β = 0°              |
|  | Figura 4.19 (4)   | 10                        | Biselada       | -                                 | -   | α = 90°     | β = 45°             |



*Nota.* Figura 4.17. Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras

## **Figura 6**

*Tipo de entrada estándar: Ducto prolongado o Cañón saliente*



*Nota.* Figura 6.11. Fuente (Akan, 2022, p. 213)

Para el diseño de la alcantarilla se emplea el software HY-8. Los datos introducidos en el programa corresponden a la información geométrica de la vía, de la alcantarilla y a los caudales.

### **5.2.3. Alcantarillado sanitario**

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario se tienen en cuenta el capítulo 3 del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y su modificación en la resolución 0799 de 2021.

Ya que no se tiene información precisa de la acomodación de la urbanización se va a diseñar un único colector principal en medio del área designada a las viviendas y a lo largo de la vía se llevará tramos de tubería sin aporte de caudal de máximo 300 metros para



conectar la urbanización con la PTAR existente. En estos tramos solo cambiara el diámetro de la tubería si la pendiente del terreno lo requiere.

### **5.2.3.1. Caudales de aguas residuales domésticas**

Como no existen proyecciones de la demanda de agua potable, el caudal de aguas residuales domesticas se puede calcular de la siguiente manera

$$Q_{dom} = \frac{Cr \times P \times D_{neta}}{86400}$$

Donde:

Cr=coeficiente de retorno 0.8

P=población de la urbanización [habs]

$D_{neta}$ =dotación neta de agua potable [L/hab.dia]

### **5.2.3.2. Caudales por infiltración y conexiones erradas**

Estos aportes al caudal de diseño del sistema se toman en ambos casos como 0.2 L/s por ha ya que son valores contemplados por la norma para el nivel de complejidad de este proyecto.



#### **5.2.3.3. Caudal máximo horario**

El caudal máximo horario para este caso donde solo se cuenta con agua residual domestica se calcula como la multiplicación del caudal de aguas residuales domesticas por un factor de mayoración

$$Q_{MH} = F \cdot Q_{dom}$$

#### **5.2.3.4. Caudal de diseño**

El caudal de diseño de cada tramo del sistema se obtiene sumando el caudal máximo horario con los caudales por infiltración y conexiones erradas. El caudal de diseño debe tener un valor mínimo de 1.5 L/s si el cálculo es menor se debe adoptar este valor.

$$Q_D = Q_{MH} + Q_{inf} + Q_{CE}$$



### 5.2.3.5. *Cálculo del diámetro de la tubería*

Por medio de la ecuación de Manning y tablas de relaciones hidráulicas para tuberías de alcantarillado se calcularon los diámetros teóricos del sistema de alcantarillado.

$$Q = \frac{AR^{2/3}J^{1/2}}{n}$$

Donde:

Q=flujo por la tubería

A=Área mojada

P=Perímetro mojado

J=pendiente del tramo

n=Coefficiente de Manning

### 5.2.3.6. *Chequeo de Velocidad en tubería*

La velocidad mínima real permitida para una tubería de diámetro menor a 450 mm en los sistemas de aguas residuales es de 0,45 m/s y se calcula como la división entre el caudal máximo horario y el área mojada que genera este caudal en la tubería

$$V_{min} = \frac{Q_{MH}}{A}$$



---

La velocidad máxima se recomienda por debajo de 4m/s para evitar erosión en la tubería y se calcula usando la misma ecuación anterior pero el caudal es el caudal de diseño.

### **5.3. Estudio de suelos**

El laboratorio de suelos ejecutado en este proyecto se basó en el cálculo de los límites de Atterberg del suelo en diferentes puntos a lo largo del eje de la vía.

El laboratorio consiste en la obtención del Limite Liquido (LL), Limite Plástico (LP) e Índice de Plasticidad (IP) con estos parámetros se puede determinar la naturaleza del suelo.

#### **5.3.1. Limite Liquido (LL)**

El límite liquido del suelo Se define como el contenido de agua en el que un suelo cambia de un estado plástico a un estado líquido. En términos prácticos, el límite líquido es el porcentaje de humedad en el que el suelo comienza a comportarse como un fluido.

Para obtener el límite liquido se sigue la norma INV E-125-13 donde se explica la metodología a seguir para este estudio de laboratorio. El ensayo consiste en usar la cazuela de Casagrande



---

En el laboratorio se debe tomar manualmente los datos de peso de la muestra seca y peso de la muestra húmeda con eso es posible obtener el peso de agua que contiene la muestra y así obtener el contenido de humedad de la siguiente manera.

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Masa del agua}}{\text{Masa del suelo secado al horno}} * 100$$

Así el límite plástico equivale al contenido de humedad necesario para que poniendo una muestra húmeda en la cazuela de Casagrande y habiendo hecho una ranura de aproximadamente 13mm de ancho, dejando caer la cazuela desde una altura de 1 cm la muestra se junte nuevamente en 25 golpes.

### **5.3.2. Límite Plástico (LP)**

El límite plástico se refiere a la cantidad mínima de humedad en la que un suelo cambia de un estado plástico a un estado semisólido.

Para este límite se siguió la norma INV E-126-13 donde se explica la metodología a seguir para este estudio de laboratorio. Este laboratorio se hizo siguiendo el método manual donde se moldea en una superficie lisa una muestra húmeda para hacer rollos de 3 mm de grosor o hasta que se generen fisuras en el material, después de este se lleva la muestra al horno y el límite plástico corresponde al contenido de humedad de esta.



$$LP = \frac{\text{Masa del agua}}{\text{Masa del suelo secado al horno}} * 100$$

Índice de Plasticidad (IP)

El índice de plasticidad es una medida de la capacidad de un suelo para deformarse plásticamente antes de alcanzar un estado líquido y se define como la diferencia entre el Limite Líquido y Plástico del suelo.

$$IP = LL - LP$$



---

## **5.4. Análisis de estabilidad geológica**

### **5.4.1. Estabilización de taludes**

En la ingeniería civil, es fundamental garantizar la estabilidad de los taludes. Para tratar este aspecto, se utiliza la herramienta Slide, que simula el comportamiento de los taludes. En este proyecto, se empleó el método Morgenstern-Price, que se basa en la teoría del equilibrio y el análisis por secciones, considerando un factor de seguridad específico. Este método proporciona una base sólida para evaluar y diseñar medidas de estabilización de taludes, mejorando la seguridad de las estructuras civiles.

El factor de seguridad ( $FS$ ) se calcula como:

$$FS = \frac{\text{Fuerza resistente}}{\text{Fuerza desestabilizadora}}$$

Las Fuerzas Resistentes incluyen el peso del suelo, la cohesión del suelo y la fricción interna. Las Fuerzas Desestabilizadoras pueden incluir la presión del agua, las cargas aplicadas externamente, entre otras.

#### **5.4.1.1. Método Morgenstern Price.**

El método de Morgenstern-Price comienza identificando las propiedades del suelo, como su cohesión y ángulo de fricción interna. Luego, divide el talud en secciones para analizar cada una de manera independiente y evaluar su riesgo de deslizamiento. Durante este análisis,



se estudia el equilibrio de fuerzas en cada sección, considerando tanto las fuerzas de resistencia como las fuerzas impulsoras.

Las fuerzas de resistencia incluyen la fricción entre partículas y la cohesión del suelo, mientras que las fuerzas impulsoras abarcan el peso del suelo, la presión del agua y las cargas externas. Finalmente, se calcula el factor de seguridad contra el deslizamiento comparando las fuerzas de resistencia con las impulsoras. Este factor de seguridad es esencial para determinar la estabilidad del talud y para tomar decisiones informadas sobre el diseño y la implementación de medidas de estabilización.



## 5.5. Pavimento

### 5.5.1. *Transito*

El diseño de pavimento de una vía terciaria empieza con un estudio del tráfico, en donde se recopilan datos del flujo vehicular.

#### 5.5.1.1. *Proyección del tránsito.*

Para poder determinar la carga que soportará el pavimento, se realiza una proyección del tránsito, según lo establecido por INVIAS, para ello se calcula los diferentes tipos de tránsitos.

$$T.\textit{existente} = TPDS_0(1 + r)^i$$

$$T.\textit{normal} = 365 * TPDS_i \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

$$T.\textit{generado} = 365 * TPDS_i * \% \textit{de generaci3n} * \textit{a\~nos de generacion}$$

$$T.\textit{atraido} = 365 * TPDS_i * \% \textit{de atracci3n} * \textit{a\~nos de atracci3n}$$

$$T.\textit{total} = T.\textit{normal} + T.\textit{generado} + T.\textit{atraido}$$



#### **5.5.1.2. Volumen de diseño.**

Se toman en cuenta los factores direccionales y de carril para el cálculo del volumen de diseño.

$$V_{\text{carril}} = T_{\text{total}} * F_d * F_c * F_e$$

$$V_{\text{de diseño}} = V_{\text{carril}} * 10^{0.05Zr}$$

#### **5.5.2. Clima**

Se realiza un estudio hidrológico de acuerdo con las normas de INVIAS.



### 5.5.2.1. *Índice de Thornthwaite*

Se clasifica el clima por humedad con base en el índice de Thornthwaite, el cual es una combinación del índice de humedad y del índice de aridez.

$$\text{Índice de humedad, } I_h = \frac{EXC}{ETP} * 100$$

$$\text{Índice de aridez, } I_a = \frac{DEF}{ETP} * 100$$

$$\text{Índice de Thorhwaite, } I_m = I_h - 0.6 * I_a$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración potencial anual, en mm. Definida como la cantidad de vapor de agua que puede ser emitida desde una superficie libre de agua.

EXC: Exceso de agua anual, en mm. Definido como el agua que excede de la reserva máxima y que se habrá perdido por escorrentía superficial o profunda.

DEF: Déficit de agua anual, en mm. Definido como el volumen de agua que falta para cubrir las necesidades potenciales de agua (para evaporar y transpirar).



### 5.5.2.2. *Evapotranspiración potencial*

Los cálculos de Thornthwite se basan en determinar la evapotranspiración potencial en función de la latitud (representativa de la extensión de horas-sol por día) y la temperatura media. La relación entre la temperatura media mensual y el potencial de evapotranspiración potencial.

$$ETP_{sin\ corregir} = 16 * \left(\frac{10t}{I}\right)^a$$

Donde:

ETP sin corregir: ETP mensual en mm/mes para meses de 30 días y 12 horas de sol (teóricas)

t: Temperatura media mensual, °C

I: Índice de calor anual.

En donde la Corrección para el número de días del mes y el número de horas de sol.

$$ETP_{corregida} = ETP_{sin\ corregir} * \frac{N}{12} * \frac{d}{30}$$

Donde:

N: Número máximo de horas de sol, dependiendo del mes y de la latitud

d: Número de días del mes



### 5.5.2.3. *Exceso y Déficit*

Para el cálculo del exceso y déficit se tiene en cuenta la reserva del suelo. La reserva es la capacidad de almacenamiento ( $A$ ) que tienen los suelos. Cuando en un mes se produzcan más entradas que salidas (Precipitación  $>$  ETP) el agua sobrante se almacenará en el suelo; por el contrario, cuando las salidas sean mayores que las entradas la reserva del suelo se reducirá. La capacidad de almacenamiento del suelo no es ilimitada y cuando se alcanza su capacidad de retención, el agua añadida en “exceso” escurrirá superficialmente o en profundidad. Por tanto, es importante conocer el concepto de “reserva máxima ( $A_{max}$ )” o cantidad de agua por unidad de superficie (mm) que el suelo es capaz de almacenar en su perfil. Se toma el valor de cien (100) mm (100 litros/m<sup>2</sup>) para reserva máxima como referencia climática. Así el Índice de Thornthwite es útil para comparaciones climáticas entre distintas zonas (independientemente del tipo de suelo y vegetación).

$$A_i = \begin{matrix} A_{i-1} + (P_i - ETP_i) & , Si & 0 < A_{i-1} + (P_{i-1} - ETP_i) < A_{max} \\ A_{max} & Si & A_{i-1} + (P_{i-1} - ETP_i) \geq A_{max} \\ 0 & Si & A_{i-1} + (P_{i-1} - ETP_i) \leq 0 \end{matrix}$$

Donde:

$i$ : Mes para el cual se está efectuando el cálculo

$A_i$ : Almacenamiento o reserva del mes  $i$ , mm



$A_{i-1}$ : Almacenamiento o reserva del mes anterior, mm

$P_i$ : Precipitación del mes  $i$ , (se obtiene de las estaciones meteorológicas), mm

$ETP_i$ : Evapotranspiración potencial mensual del mes  $i$ , ya calculada

$A_{máx}$ : Reserva máxima del suelo = 100 mm (100 litros/m<sup>2</sup>)

$$EXC_i = \begin{cases} A_{i-1} + (P_i - ETP_i) - A_{máx} & \text{Si } A_{i-1} + (P_i - ETP_i) > A_{máx} \\ A_{i-1} + (P_i - ETP_i) & \text{Si } A_{i-1} + (P_i - ETP_i) \leq A_{máx} \end{cases}$$

$$DEF_i = \begin{cases} A_{i-1} + (P_i - ETP_i) & \text{Si } A_{i-1} + (P_i - ETP_i) < 0 \\ 0 & \text{Si } A_{i-1} + (P_i - ETP_i) \geq 0 \end{cases}$$



### 5.5.3. Suelo

#### 5.5.3.1. CBR

Para el cálculo de CBR para suelos que presenten plasticidad y la fracción que pasa el tamiz No 200 es mayor al once por ciento.

$$CBR = \frac{75}{1 + 0.728(w * IP)}$$

Donde:

w x IP: Índice de Plasticidad ponderado = Fracción que pasa el tamiz de 0.074 mm  
(No.200) x Índice de Plasticidad

w: Fracción que pasa el tamiz de 0.074 mm (No. 200)

IP: Índice de Plasticidad, en porcentaje

CBR: en porcentaje



### **5.5.3.2. Modulo resiliente**

El cálculo del módulo resiliente de la subrasante de la Unidad de diseño a partir del CBR dada por AASHTO.

$$M_r = 2555 * (CBR^{0.64})$$

### **5.5.3.3. Numero estructural**

La ecuación básica de diseño empleado para el dimensionamiento de las estructuras, propuesta por la AASHTO, tiene en cuenta condiciones de tránsito, confiabilidad, serviciabilidad y resistencia de la subrasante.



---

$$\text{Log } N_{80kN} = Z_r * S_o + 9.36 \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log} M_r - 8.07$$

Donde:

N80 kN: Número acumulado de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño durante el período de diseño 79

Zr, So: Parámetros de confiabilidad en el diseño

SN: Número estructural

ΔPSI: Pérdida de serviciabilidad, ΔPSI = 2.2

Mr: Módulo resiliente, en psi.

$$SN = a1. D1 + a2. m2. D2 + a3. m3. D3$$

Dónde:

ai: Coeficiente estructural de la capa i.

Di: Espesor de la capa i



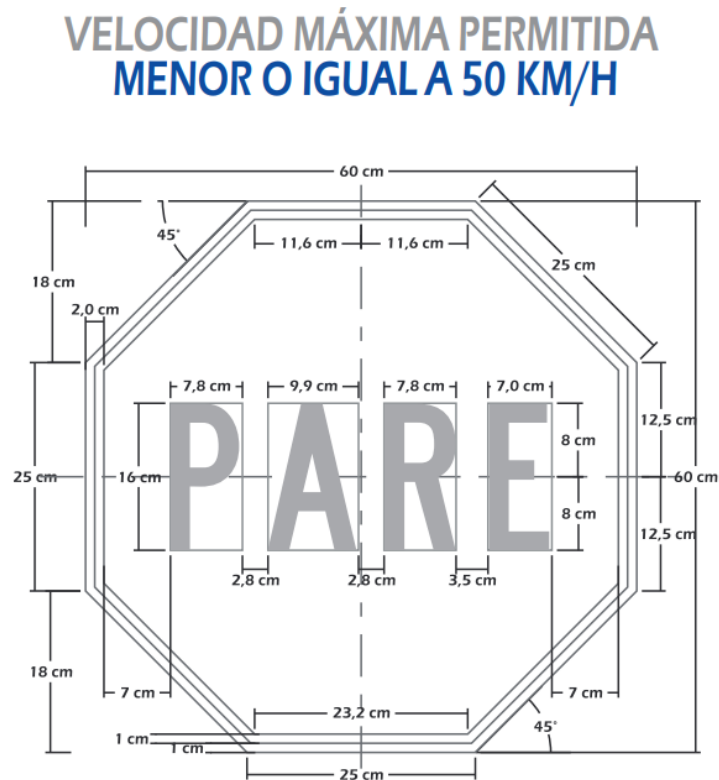
## **5.6. Señalización**

### **5.6.1. Tipos de señalización**

Se tuvieron en cuenta las señales reglamentarias, estas notifican a los usuarios sobre prioridades, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones. Las señales para usar son “Pare” (SR-01) y “Prohibición de no adelantar” (SR26).

**Figura 7**

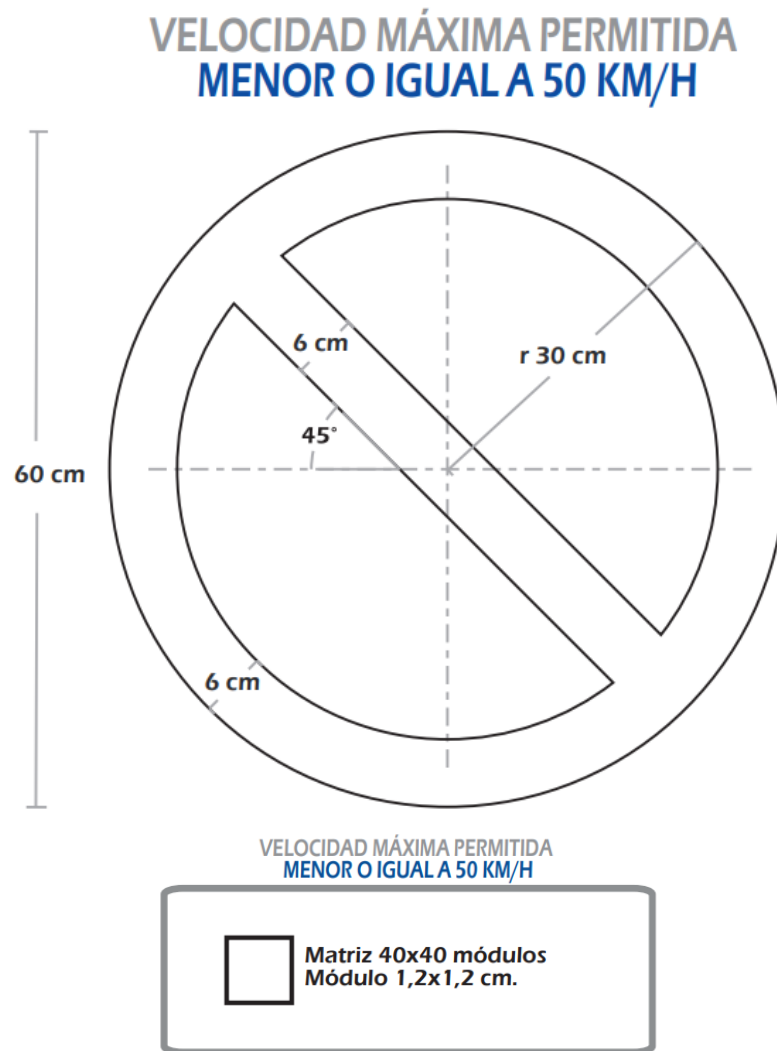
*Señalización SR-01 PARE*



*Nota.* Figura del manual donde se visualiza las dimensiones de la señalización.  
Fuente:(2015). Manual de señalización vial.

**Figura 8**

*Señalización SR-26 Prohibición*

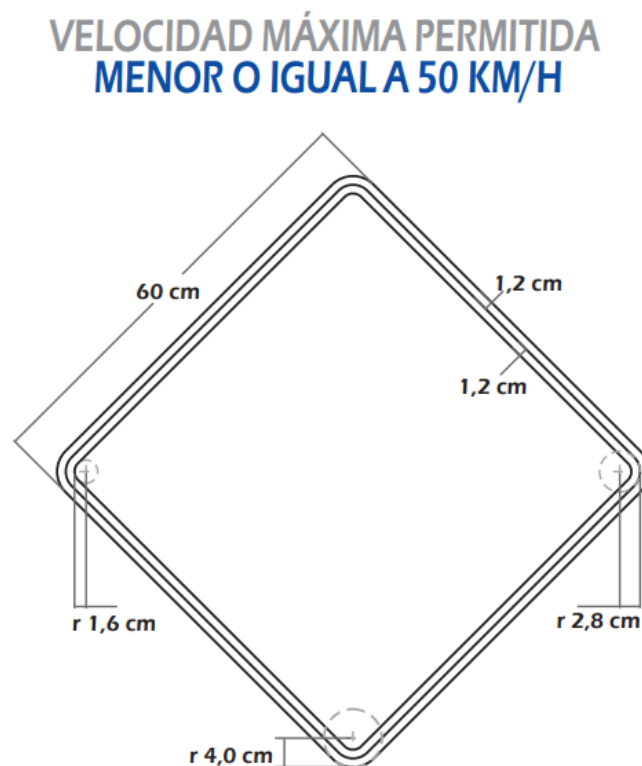


*Nota.* Figura del manual donde se visualiza las dimensiones de la señalización.  
Fuente:(2015). Manual de señalización vial.

Y también las preventivas, estas tienen como propósito advertir a los usuarios de la vía la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes. Estas señales se deben ubicar a 100 metros del punto del riesgo a prevenir según el manual teniendo en cuenta que la velocidad de diseño es menor a 100km/h.

### Figura 9

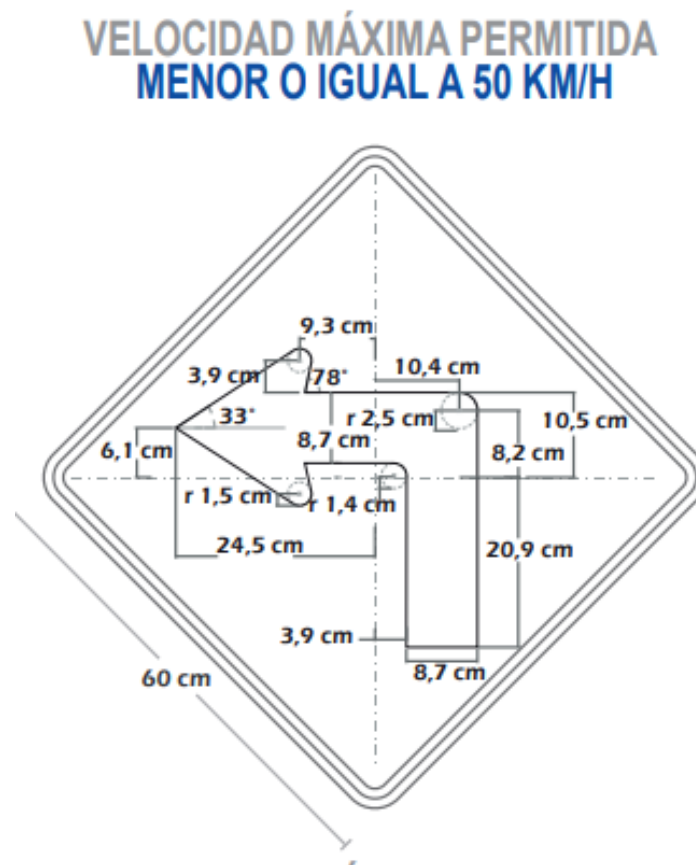
Figura 2.3-5. Manual de señalización



*Nota.* Figura del manual donde se visualiza las dimensiones de la señalización.  
Fuente:(2015). Manual de señalización vial.

**Figura 10**

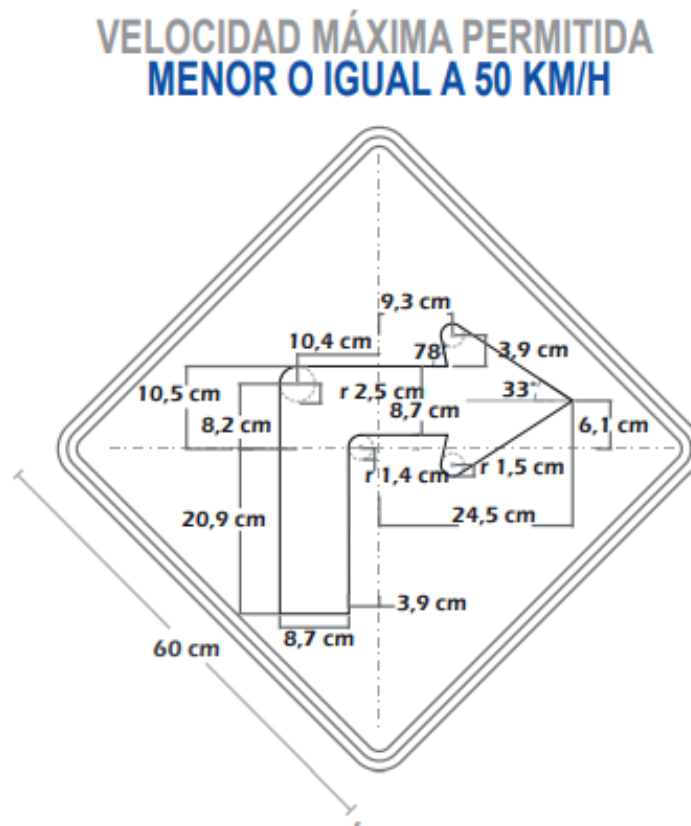
*Señalización SP-01 Curva cerrada a la izquierda*



*Nota.* Figura del manual donde se visualiza las dimensiones de la señalización.  
Fuente:(2015). Manual de señalización vial.

**Figura 11**

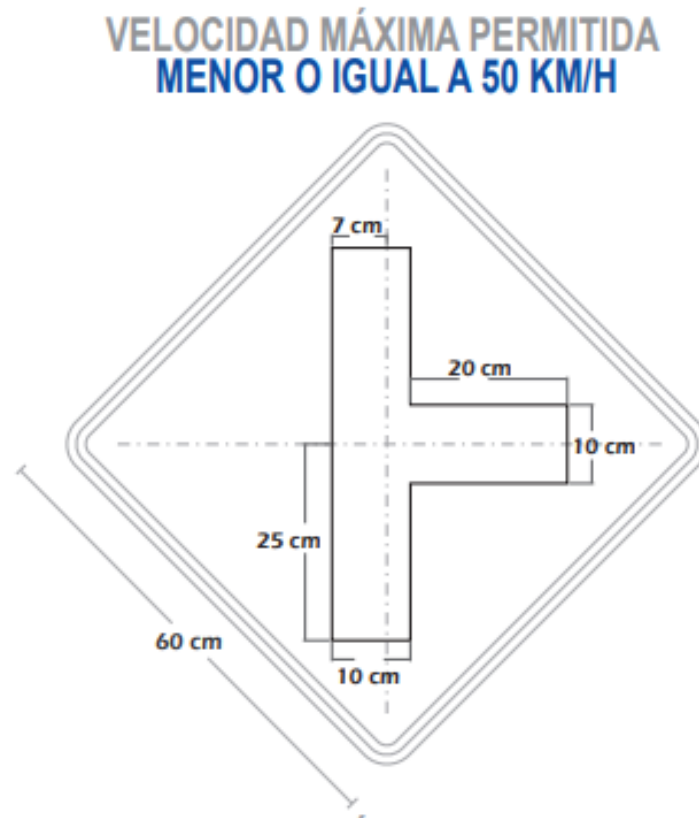
*Señalización SP-02 Curva cerrada a la derecha.*



*Nota.* Figura del manual donde se visualiza las dimensiones de la señalización.  
Fuente:(2015). Manual de señalización vial.

## Figura 12

*Señalización SP-12, SP-13 Vía lateral izquierda o derecha*



*Nota.* Figura del manual donde se visualiza las dimensiones de la señalización. Fuente:(2015). Manual de señalización vial.

Todas estas señales deben ser percibidas por los conductores por lo que estas están deben estar dentro de los 10° respecto a su eje visual, para ello se usó la Tabla 2.1-5 del manual en donde se menciona las distancias en que se deben situar las señales. Teniendo así las señales a una distancia de 1.8 metros de la calzada y una altura de 1.8 metros.



Además, también se tiene en consideración la orientación de las señales usando la figura 2.1-5 del manual ya que cuando un haz de luz incide perpendicularmente en la cara de una señal se produce el fenómeno de reflexión especular que deteriora su nitidez.

Para el sistema de soporte se tienen 2 opciones para que las señales mantengan su posición correcta ante cargas de viento y movimientos sísmicos, la primera está constituido por poste monolítico y brazos, elaborados en perfil en ángulo de hierro de dos pulgadas (2") por dos pulgadas (2") por un cuarto de pulgada (1/4"), de espesor para el elemento vertical y un octavo de pulgada (1/8") de espesor para los elementos horizontales, con límite de fluencia mínimo de veinticinco kilogramos por milímetro cuadrado (25 kg/mm<sup>2</sup>) en todos los tipos de señales o pueden ser fabricados en tubo, galvanizado redondo o cuadrado, de dos pulgadas (2") y dos milímetros (2 mm) de espesor; en este caso todos los extremos expuestos deben estar sellados con su respectiva tapa metálica soldada en todo su perímetro para evitar la penetración de agua.

Se deberá garantizar la rigidez de las láminas de los tableros correspondientes a las señales preventivas (SP), reglamentarias (SR fijándolas a una cruceta formada entre el poste y sus brazos, los cuales deberán formar un perfecto plano de apoyo para el tablero, el cual debe aislarse con materiales que eliminen el efecto rocío en la señal cuando esté en contacto con la



lámina del tablero, en los casos que éstos se construyan con materiales que produzcan dicho efecto.

Para los materiales de los tableros de todas las señales, delineadores y demás dispositivos mencionados en el Manual, deberán estar contruidos en materiales que garanticen resistencia a cargas de viento e impacto, durabilidad, resistencia a la oxidación y que adicionalmente no representen un peligro grave al ser impactados por un vehículo.

Para este diseño se decidió los tableros con lamina en poliéster reforzado con fibra de vidrio, el cual debe cumplir todas las especificaciones exigidas en la norma.

Las demarcaciones corresponden a la aplicación de marcas viales conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se adhieren sobre el pavimento, bordillos o sardineles y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos. Estas demarcaciones deben cumplir con las especificaciones dadas por el manual, como las dimensiones, el contraste y la resistencia al deslizamiento.

Por último, se tuvo en cuenta las líneas longitudinales de la vía, estas se emplean para delimitar carriles y calzadas. Se requiere utilizar las líneas centrales que separan flujo opuesto, estas indican los carriles de circulación y la zona donde está prohibido adelantar.



Estas deben estar siempre presentes en la vía. Por otra parte, se requiere ubicar la línea de borde, estas según la norma deben demarcar solamente los bordes exteriores del segmento.



---

## **6. Marco teórico**

Para la elaboración y desarrollo de este estudio, se utilizarán tanto fuentes primarias como secundarias. Las fuentes primarias consistirán en la realización de observaciones directas, actividades de trabajo de campo y estudios previamente realizados por La Universidad Nacional con el objetivo de realizar un diagnóstico completo del estado de la vía terciaria en el municipio Palmira específicamente monte alegre. Las fuentes secundarias incluirán la revisión de literatura especializada sobre la optimización de vías terciarias. Además, el marco teórico considerará toda la normativa vigente del Instituto Nacional de Vías [4] para asegurar un enfoque completo y actualizado en el análisis y las propuestas de mejora de la vía.

### **6.1. Estado actual de la red terciaría municipio de Palmira, Valle del cauca – Monte alegre**

En una inspección visual inspección visual con Google Earth, con el sistema de información vías de INVIAS y unas salidas de campo se determinó que la vía es una carretera transitable en tiempo seco, pero no cuenta con una carpeta de rodadura y geometría sólida, pues varía de acuerdo la degradación del suelo y la vegetación que aflora demostrando así una latente necesidad de crear este corredor vial para los habitantes de este predio.

**Figura 13**

*Paso actual de camino transitado en Monte Alegre*



*Nota. Fuente: Propia*

**Figura 14**

*Vista aérea del camino transitado actualmente en Monte Alegre*



*Nota.* Fuente: Google Earth

### **Figura 15**

*Superficie típica sobre camino transitado en Monte Alegre*



*Nota.* Fuente: Propia

Con base en la información recopilada, se evidencian daños superficiales, estructurales y geométricos de carácter generalizado en la vía terciaria de Monte Alegre, principalmente atribuidos al limitado funcionamiento de estructuras de drenaje existente, la falta de superficie de rodadura apta, el paso de la vía por una cuesta de montaña degradada y a la falta de mantenimiento periódico de las superficies con cubierta vegetal. Estos daños presentan un nivel de gravedad medio. Por consiguiente, se hace imperativo implementar alternativas destinadas a corregir dichos defectos y mejorar la condición general de la vía.



## **6.2. Evaluación de las condiciones del terreno**

En Colombia es indispensable que la toma de datos geotécnicos del proyecto sea realizada de la mejor manera posible ya que al contar con una gran diversidad geográfica en el país, un buen levantamiento topográfico es esencial para facilitar la planificación de proyectos de construcción, la gestión eficiente de recursos y la evaluación de riesgos naturales como deslizamientos e inundaciones.

La entidad encargada de regular la cartografía y la geodesia en Colombia es el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Según el IGAC los levantamientos topográficos deben cumplir ciertas especificaciones técnicas para considerarse válidos, especificadas en diversas Normas Técnicas Colombianas (NTC) como por ejemplo la NTC 6271 donde se establecen los lineamientos para realizar los levantamientos topográficos con alta precisión y calidad. En estas normas técnicas se diferencian levantamientos para espacios rurales o urbanos, además se especifican diferentes equipos y metodologías para resultados satisfactorios.

En este proyecto el levantamiento topográfico fue realizado por la Universidad Nacional por medio de diferentes metodologías como vuelos con dron y uso de Estaciones Totales, mientras que por nuestra parte se tomaron coordenadas de ciertos puntos especiales usando tecnología GPS, todo siguiendo los lineamientos del IGAC.



### **6.3. Criterios de diseño y directrices de la red vial en Monte alegre**

#### **6.3.1. Diseño Geométrico de las carreteras**

El Diseño Geométrico de las vías diseñadas en Monte Alegre se basa en el Manual Diseño Geométrico de Carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Este manual ofrece directrices detalladas, tablas, gráficos, fórmulas y valores mínimos y máximos necesarios para los parámetros de diseño del alineamiento que determinan la seguridad y confort de los usuarios de las vías. El exhaustivo seguimiento de estas directrices es fundamental para garantizar la conservación del trazado, funcionalidad y estabilidad de las infraestructuras viales, evitando problemas como la fatiga del conductor, la no identificación de elementos geométricos para cambio de dirección, pérdida drástica de velocidad en vehículos de grandes dimensiones y limitaciones de visibilidad a lo largo de la carretera.

#### **6.3.2. Drenaje vial**

El diseño de cunetas se basa en el Manual de Drenajes para Carreteras del Instituto Nacional de Vías [2]. Este manual ofrece directrices detalladas, cálculos, fórmulas y valores mínimos y máximos necesarios para el drenaje de la escorrentía y otras aguas que puedan afectar las carreteras. Seguir estas directrices es fundamental para asegurar la durabilidad y

seguridad de las infraestructuras viales, evitando problemas como la erosión y el deterioro de la superficie de la carretera.

Capítulo 2.6.6.2: Este capítulo se centra en el cálculo de las curvas IDF utilizando datos históricos de precipitación. Las curvas IDF son fundamentales para determinar la intensidad de la lluvia en diferentes periodos de retorno, lo que permite diseñar sistemas de drenaje capaces de manejar las tormentas más severas previstas para una región específica.

Capítulo 4.2.4: Este capítulo proporciona un enfoque detallado para el diseño de cunetas, especificando las dimensiones y características necesarias para garantizar un drenaje adecuado. Las cunetas son canales construidos a lo largo de los bordes de las carreteras para captar y conducir la escorrentía superficial, evitando que el agua se acumule en la calzada.

Capítulo 4.4: Este capítulo trata sobre el diseño de alcantarillas, que son estructuras subterráneas destinadas para permitir el paso del agua bajo las carreteras. Las alcantarillas deben ser diseñadas para manejar el flujo de agua sin causar obstrucciones ni erosionar el terreno circundante.

En resumen, el Manual de Drenajes para Carreteras de INVIAAS ofrece una guía comprensiva para el diseño de sistemas de drenaje eficientes y seguros. La aplicación de estos principios en el diseño de cunetas y alcantarillas es esencial para la gestión adecuada de la



escorrentía, asegurando la longevidad y funcionalidad de las infraestructuras viales en Colombia.

#### **6.3.2.1. Refuerzo estructural para cunetas.**

Las cunetas son canales laterales diseñados para facilitar el drenaje eficiente del agua de la superficie de las carreteras. Sin un sistema de drenaje adecuado, el agua puede acumularse y penetrar en la estructura de la carretera, causando daños considerables. El refuerzo estructural de las cunetas es fundamental para prevenir la erosión, mejorar la durabilidad de las carreteras y garantizar la seguridad vial.

#### **6.3.3. Alcantarillado sanitario**

El capítulo 3.3 del título D del RAS ofrece una guía detallada y comprensiva para la determinación de los parámetros de diseño y características del sistema. En este mismo capítulo se cita el capítulo B.2 del Título B del RAS: “Sistemas de Acueducto” para la determinación de la dotación neta.

Adicionalmente este sistema se plantea realizarlo con productos *PAVCO WAVIN*, Específicamente su tecnología *NOVAFORT* por lo que se tiene en cuenta información obtenida del manual técnico de este producto disponible en el sitio web de Pavco Wavin.



#### **6.3.4. Estudio de suelos**

Las normas por seguir para la determinación de los límites de Atterberg y el índice de plasticidad fueron las normas INV E-125-13 y INV E-126-13 donde se muestra la importancia, los equipos y los procedimientos para realizar estos laboratorios.

#### **6.3.5. Principio de estabilización de taludes**

La estabilización de taludes constituye una disciplina fundamental dentro de la ingeniería geotécnica, cuyo objetivo principal es asegurar la seguridad y estabilidad de las pendientes, sean estas naturales o artificiales. Esta práctica comprende la evaluación y la implementación de diversas técnicas destinadas a prevenir deslizamientos de tierra y otros eventos geológicos que puedan poner en riesgo la integridad estructural de infraestructuras civiles y la seguridad de las personas.

##### **6.3.5.1. Factor de seguridad**

El factor de seguridad (FS) es una medida crucial en el análisis de estabilidad de taludes. Este factor representa la relación entre las fuerzas que resisten el deslizamiento y las fuerzas que lo provocan. Un FS superior a 1 indica que el talud es estable bajo las condiciones analizadas, mientras que un FS inferior a 1 sugiere un riesgo inminente de falla. Este cálculo es esencial para determinar la seguridad y viabilidad de los proyectos de estabilización.



### **6.3.5.2. *Análisis de esfuerzos efectivos***

El análisis de esfuerzos efectivos es esencial para comprender el comportamiento de los suelos bajo diversas condiciones de carga y humedad. Este análisis permite evaluar cómo la presión del agua en los poros del suelo influye en su capacidad para resistir fuerzas desestabilizadoras. Un aumento en la presión de poro puede reducir los esfuerzos efectivos, disminuyendo así la resistencia del suelo y aumentando el riesgo de deslizamiento.

Entender los factores que afectan la estabilidad, junto con la correcta selección e implementación de métodos de estabilización, es fundamental para prevenir fallas y garantizar la seguridad de las infraestructuras y las vidas humanas. El "Manual de Estabilidad de Taludes Geotécnica Vial INVIA 1998" proporciona directrices esenciales, especialmente en lo que respecta al cálculo del factor de seguridad y al análisis de esfuerzos efectivos, los cuales son pilares en el diseño y evaluación de proyectos de estabilización de taludes.



#### **6.4. Pavimentos**

Para una vía terciaria se considera las normas dadas por INVIAS [4] y el Manual de Diseño de Pavimento Asfáltico para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito. Estas normativas aseguran la calidad, durabilidad, buena funcionalidad y seguridad de los pavimentos en estas vías.

#### **6.5. Señalización**

El diseño de las señales de tránsito en la vía es un aspecto fundamental para la gestión segura y eficiente del tráfico vehicular y peatonal. Estas señales, que incluyen reglamentarias, preventivas, informativas y transitorias, cumplen una función crucial al comunicar de manera clara y directa las normas, advertencias e información necesaria para los usuarios de la vía. Y para este diseño se considera el Manual de señalización vial.



## **7. Metodología**

### **7.1. Diseño geométrico**

Teniendo en cuenta el marco conceptual de la sección de Diseño Geométrico de las vías se realiza la evaluación de características geométricas que deben componer las vías que serán creadas. Partiendo de los parámetros establecidos por el Manual de Diseño Geométrico de carretera del INVÍAS, se realiza una evaluación de la superficie de ejecución del proyecto mediante su topografía, la cual se obtuvo por medio de un modelado de exploración única de nube de puntos con el programa ReCap.

La evaluación de las características físicas de la superficie del proyecto y la funcionalidad que se le dará a la infraestructura a construir brinda la clasificación de la vía que se proyecta a elaborar.

El proceso de planeación, que comienza posterior a la clasificación de la vía, se elabora con los representantes del proyecto, quienes dirán los requerimientos zonas de intersección y aprovechamiento de la estructura vial por parte de los usuarios. Fueron considerados aspectos como la topografía, el clima y el entorno para definir qué obras complementarias serían determinantes para la durabilidad y efectividad del proyecto.



Se realiza un diseño preliminar de la vía, el cual establece los parámetros básicos de diseño, como el ancho de calzada, bermas, radios de curvatura y pendientes. Se definen las alineaciones horizontales y verticales.

Una vez el diseño preliminar sea aprobado, pues va estrechamente relacionado con la proyección del resultado final de la infraestructura vial, se realiza el diseño detallado del proyecto, pues es aquí donde se ajustan los parámetros de diseño en función de las condiciones específicas del proyecto, además, se definen detalles como peraltes, transiciones, intersecciones y accesos.

La evaluación y ajustes del diseño se lleva a cabo bajo alto discernimiento de profesionales, quienes aprueban y verifican el cumplimiento de los estándares de seguridad y funcionalidad del corredor vial, pues se realizan ajustes a la etapa semi final del proyecto a partir de dichos resultados de las evaluaciones, para una vez estos puntos a mejorar sean solventados, se realice la documentación representativa del proyecto vial.

En esta etapa final, se elaboran planos arraigados a los parámetros de presentación y especificaciones técnicas de la normativa vigente para la construcción de este tipo de infraestructura, como también, se incluyen detalles sobre drenaje, señalización y elementos complementarios a su funcionalidad.



## 7.2. Drenaje vial

Se debe empezar por obtener los datos de precipitación de lluvia los cuales se obtuvieron de la planta Nima la cual es la estación pluviométrica más cercana al proyecto, la tabla que contienen la información se encuentra en el anexo PLANTA NIMA.

En primer lugar, se identifican los valores máximos de precipitación anual, registrados en el anexo Curva IDF de cuenca columna "Máximo", y se procede a calcular su promedio. Este promedio refleja la precipitación máxima anual promedio en 24 horas entre los años 1971 y 2022. Según el manual [2], El periodo de retorno para las cunetas es de 5 años. Una vez determinado este periodo, se sugiere establecer una duración de lluvia entre 15 y 20 minutos; se decide trabajar con 15 minutos, basándose en observaciones de la duración de las lluvias en áreas cercanas a la vía. La ubicación de la vía se encuentra en la región andina (R1). Con estos datos y la precipitación máxima anual promedio en 24 horas a nivel multianual, se puede calcular la intensidad de la lluvia utilizando la ecuación de intensidad.

Considerando un coeficiente de escorrentía de 0,77 para el pavimento, 0,4 para el terreno en corte y 0,3 para el terreno natural, y teniendo en cuenta que el suelo es rígido limo-arenoso y limo-arcilloso, se puede continuar con el diseño. Para las áreas afluentes, se diseña considerando el escenario más crítico, dividiéndolo en dos: uno para terraplén y otro para corte.



---

El área afluente se determina multiplicando el ancho estimado del flujo hacia la cuneta por la longitud de la cuneta a diseñar.

Con estos datos, se puede calcular el caudal que fluirá por las cunetas mediante la ecuación de caudal de diseño. Posteriormente, para determinar la distancia máxima en la cual las cunetas pueden transportar el caudal antes de desbordarse, es necesario pre-dimensionarlas para obtener el radio hidráulico y el área mojada.

Una vez pre-dimensionadas las cunetas, teniendo en cuenta que la pendiente de la vía será la más crítica para todos los tramos y que el coeficiente de rugosidad de Manning será el del concreto, se procede a verificar si la estructura puede soportar la escorrentía y la lluvia. Se calcula el caudal mediante la ecuación de longitud máxima entre cunetas. La ecuación de Manning debe producir un caudal mayor que el caudal de diseño para garantizar la capacidad de transporte del caudal. En caso contrario, se deben ajustar las dimensiones de la cuneta hasta alcanzar un valor mayor. Finalmente, el diámetro de las alcantarillas se determina mediante la ecuación de diámetro de alcantarilla.

### ***7.2.1. Refuerzo estructural para el sistema de drenaje vial***

No se encontraron manuales específicos que proporcionaran guías o cálculos detallados para el refuerzo estructural. Por consiguiente, se realizó una investigación exhaustiva sobre estructuras similares para determinar la ubicación adecuada del refuerzo [5]. Además, se



empleó el acero mínimo requerido según las mejores prácticas de ingeniería. Este enfoque permitió garantizar la resistencia y durabilidad de la estructura al adoptar soluciones comprobadas y adaptadas a las necesidades particulares del proyecto.

### **7.3. Alcantarillado sanitario**

Teniendo en cuenta el marco conceptual de la sección de alcantarillado sanitario se llevaron a cabo los siguientes cálculos.

#### **7.3.1. Caudales**

En el cálculo de caudal de aguas residuales domesticas se tiene en cuenta la dotación neta, que obteniendo de la tabla 2.3 del título B del RAS para un sistema de nivel de complejidad bajo como este proyecto y un clima templado ya que la urbanización se encuentra a nivel promedio de 115 m.s.n.m se toma un valor de 90 L/s

Teniendo el caudal de aguas residuales domésticas y los aportes de conexiones erradas e infiltraciones, se calculó el caudal máximo horario y en consiguiente el caudal de diseño del proyecto. El Caudal de diseño dio un valor inferior al minimo aceptado por la norma de 1.5 L/s por lo que este último se adopta como caudal de diseño.



### **7.3.2. Diámetros de la tubería**

Se utiliza un caudal constante para toda la red ya que no se tiene información completa del plan urbanístico por lo que a lo largo de la vía el sistema es solo de transporte desde la urbanización a la estructura de tratamiento existente y su diámetro se mantiene constante.

Para el diseño según la norma se trabaja inicialmente con una relación de flujo/flujo lleno  $Q/Q_{full}$  de 0.85 y por medio de las tablas de relaciones hidráulicas se obtuvieron los valores teóricos para adaptar valores reales y así obtener las características de la tubería, el coeficiente de Manning usado fue de **0.009** para tuberías de NOVAFORT según lo indica PAVCO WAVIN en su *MANUAL TECNICO NOVAFORT*.

Las pendientes de diseño se obtuvieron siguiendo el trazado del andén peatonal de la vía ya que bajo este será el trazado del sistema. Se iteraron las profundidades de los pozos de conexión para generar pendientes que permitan cumplir los parámetros de velocidades y flujo por gravedad, además teniendo en cuenta que en la norma establece que para tuberías bajo zonas peatonales la profundidad mínima de la cota clave debe ser de 0.75m las pendientes en el tramo de la curva quedaron de magnitud alta sin embargo cumplen con los parámetros establecidos por la norma.

Teniendo los diámetros mínimos de la tubería o diámetros teóricos que dieron valores menores a 145 mm, pero según la norma este último valor debe ser adoptado como diámetro de diseño mínimo. Se escogió una referencia de las tuberías NOVAFORT en este caso se escogió la tubería de referencia 2900092 de diámetro nominal 160 mm y diámetro interno de 145 mm del catálogo de Novafort de PAVCO.

**Tabla 18**

*Características y referencia de tubería NOVAFORT*

**NORMA NTC 3722-3 S8**

| Referencia     | Diámetro nominal | Diámetro exterior | Diámetro interior | Espesor de agua | Rigidez mínima |                   | Longitud total | Campana  |                   | Peso  |
|----------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------|----------------|-------------------|----------------|----------|-------------------|-------|
|                |                  |                   |                   |                 | Tubería PS     | Anular RS         |                | Longitud | Diámetro exterior |       |
|                | mm               | mm                | mm                | mm              | psi            | kN/m <sup>2</sup> | m              | mm       |                   | Kg/m  |
| 2900090        | 110              | 110               | 99                | 1               | 57             | 8                 | 6              | 90       | 128               | 1,11  |
| <b>2900092</b> | 160              | 160               | 145               | 1,2             | 57             | 8                 | 6              | 101      | 183               | 2,13  |
| 2900094        | 200              | 200               | 182               | 1,4             | 57             | 8                 | 6              | 121      | 230               | 3,02  |
| 2900081        | 250              | 250               | 227               | 1,7             | 57             | 8                 | 6              | 151      | 289               | 4,41  |
| 2900083        | 315              | 315               | 284               | 1,9             | 57             | 8                 | 6              | 201      | 366               | 6,34  |
| 2902493        | 355              | 355               | 327               | 2,1             | 57             | 8                 | 6              | 187      | 402               | 9,33  |
| 2900085        | 400              | 400               | 362               | 2,3             | 57             | 8                 | 6              | 242      | 462               | 11,38 |
| 2900087        | 450              | 450               | 407               | 2,5             | 57             | 8                 | 6              | 272      | 519               | 14,59 |
| 2900089        | 500              | 500               | 452               | 2,8             | 57             | 8                 | 6              | 302      | 578               | 19,00 |



*Nota.* Se muestran todas las características del tipo de tubería elegido para este proyecto y se resalta la referencia de la tubería con diámetro elegido. Fuente: Manual Técnico Novafort interactivo. PAVCO WAVIN (2023)



#### **7.4. Estudio de suelos**

Para la realización de la caracterización de suelo en puntos del recorrido del proyecto, con un sistema de posicionamiento global GPS que consiste en la colaboración de una estación base y una estación móvil, se ubicó los puntos proyectados para los apiques sobre el terreno cada 500 metros sobre el diseño de la vía en el eje central.

Por medio de la herramienta de medición de la uniformidad de las capas de suelo, el GEOGAUGE para calcular datos de rigidez y módulo de elasticidad del suelo mediante fuerza dinámica y deflexión, se realizaron apiques a profundidades de 30 cm, 60 cm y posteriormente 1 m donde se recogieron muestras alteradas del suelo que se notó un alto contenido de finos. Adicionalmente se continuo hasta 1.5 metros de profundidad para búsqueda de nivel freático, pero en ningún punto se encontró nivel freático superficial.

**Figura 16**

*Tomas de datos de resiliencia del suelo tomadas del Geogausse*



*Nota.* Fuente: Propia

**Figura 17.**

*Muestras de suelo de los apiques realizados para tomas del Geogausse*



*Nota.* Fuente: Propia

Para la determinación de los límites de Atterberg primeramente se tamizaron las muestras obtenidas en campo y se trabajó con el material pasante del tamiz 40.

Con este material se realizó primero el límite líquido. Primero se lleva la muestra al horno para secarla y obtener el peso seco, seguido a esto se humedece la muestra hasta crear una pasta homogénea, teniendo la pasta, se pesa nuevamente y usando la ecuación mencionada en el marco conceptual se obtiene el contenido de humedad.

Esta pasta se coloca en la cazuela de Casagrande donde con una herramienta específica se realiza una ranura de 13mm. La cazuela se levanta 1 cm para posteriormente dejarse caer, esto último se repite la cantidad de veces necesarias para que la ranura en la muestra se cierre.



La cantidad de golpes requeridos se registran y el proceso se repite con 3 muestras de suelo para generar una curva de fluidez, de esta curva se obtiene la ecuación de tendencia lineal y el contenido de humedad correspondiente a 25 golpes es considerado el Límite Líquido.

Para el límite plástico se humedece la muestra se moldea en una superficie plana, generalmente de vidrio, buscando hacer cilindros de 3 mm de diámetro hasta que la muestra presente fisuras, cuando esto pase se lleva la muestra al horno nuevamente y se toma el peso seco. El límite plástico se determina como ese contenido de humedad en el que los cilindros con la geometría especificada presenten las grietas. Estos datos se registran.

Por último, se obtiene el índice de plasticidad restando los datos de límite líquido y límite plástico. Los resultados se muestran en el apartado de resultados.

En los resultados se evidencia un suelo de baja plasticidad. Que concuerda con los estudios de la Universidad Nacional donde muestra los estudios de suelo en los apiques cercanos a la vía en diseño, arcillas arenosas de baja plasticidad.



## **7.5. Geotecnia**

Para el caculo se usó el método de Morgenstern-Price que por medio de la teoría del equilibrio se considera los siguientes parámetros de diseño.



### Tabla 19

*Parámetros de diseño para la estabilización de taludes*

| <b>Parámetros</b>                     |    |
|---------------------------------------|----|
| Peso unitario<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 19 |
| Cohesión<br>(kPa)                     | 30 |
| Ángulo de<br>fricción interna (°)     | 27 |

*Nota.* Se calcula la estabilización con estos parámetros. Fuente: Propia

De acuerdo con las normas establecidas por la NSR-10, se estableció un factor de seguridad mínima de 1.05 en consideración de zona sísmica.

### Tabla 20

*Zona sísmica NORMA NSR-10*

|         |       |      |      |      |
|---------|-------|------|------|------|
| Palmira | 76520 | 0.25 | 0.20 | Alta |
|---------|-------|------|------|------|

*Nota.* Zona sísmica Palmira. Fuente: Norma NSR-10

Para el cálculo de la geotecnia de una vía terciara, se empieza importando al software los datos geométricos del talud en donde se incluyen detalladamente su altura, inclinación y geometría de las capas del suelo.

Después, se determinan las propiedades del suelo in situ, tales como la cohesión, el ángulo de fricción y la densidad. Luego, se aplican las cargas relevantes del suelo, incluyendo su peso propio y las cargas sísmicas. Para el análisis de estabilidad del talud, se utiliza el método de Morgenstern-Price. Se configuran las opciones que ofrece el software respecto a



este método y se modela el talud utilizando el programa correspondiente. Para modelar el talud, se consideró la presencia de un suelo rígido limo-arenoso y limo-arcilloso.

Finalmente, los resultados obtenidos del software permiten evaluar la estabilidad del talud según el factor de seguridad, considerando diferentes condiciones del terreno, tales como condición normal y condición sísmica.

## 7.6. Pavimentos

Para el diseño de pavimento, debido a que esta es una obra nueva no se disponía de un estudio del flujo vehicular por lo que se tomó un estudio de tráfico de una vía terciaria en Palmira realizado por Transconsult.

Se establece la tasa de crecimiento de la zona según la **Tabla 21** dada por invias.

### **Tabla 21**

*Tabla 2.3 Manual de INVIAS.*

| Nivel de tránsito | Tasa de crecimiento |
|-------------------|---------------------|
| T1                | 2.0                 |
| T2                | 3.0                 |

*Nota.* Tabla del manual de INVIAS para encontrar la tasa promedio de la vía. Fuente: INVIAS.(2007). Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes.

También de acuerdo con la población beneficiada y la clasificación del área del proyecto se establece el tránsito atraído, según la Tabla 2.16 dada por INVIAS.



**Tabla 22**

*Tabla 2.16 Manual de INVIAS*

| Clasificación del área del proyecto  | Población beneficiada, hab | Porcentaje de tránsito generado como función del tránsito normal |
|--------------------------------------|----------------------------|--|
| Área con potencial minero alto       | Menos de 5000              | 3.0  |
|                                      | 5000 o más                 | 6.0  |
| Área con potencial agrícola alto     | Menos de 5000              | 2.5  |
|                                      | 5000 o más                 | 5.5  |
| Área con potencial turístico alto    | Menos de 5000              | 2.0  |
|                                      | 5000 o más                 | 3.5  |
| Área de bajo potencial de desarrollo |                            | 1.5  |

*Nota.* Tabla del manual de INVIAS para determinar el porcentaje de tránsito generado como función del tránsito normal. Fuente: INVIAS.(2007). Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes.

Se calcula el volumen de diseño de la vía teniendo todos los tránsitos obtenidos.

Se procede al cálculo de números de ejes equivalentes en el carril de diseño, teniendo en cuenta el factor de daño por tipo de vehículo tomada de la tabla 2.4 dada por el manual.

**Tabla 23**

Tabla 2.4 Manual de diseño

| Tipo de vehículo | Factor de daño (FD) |         |
|------------------|---------------------|---------|
|                  | Vacío               | Cargado |
| Autos            |                     | 0.0     |
| Bus grande       |                     | 1.0     |
| C2p              | 0.01                | 1.01    |
| C2g              | 0.08                | 2.72    |
| C3-C4            | 0.24                | 3.72    |
| C5               | 0.25                | 4.88    |
| > C5             | 0.26                | 5.23    |

*Nota.* Tabla del manual de diseño para determinar factor de daño. Fuente: INVIAS.(2007). Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes.

Teniendo los números de eje equivalentes se sigue con categoría de la zona con la tabla 3.1 del manual de diseño de pavimentos con el cálculo del índice de Thornthwite

**Tabla 24**

Tabla 3.1. Manual de INVIAS.

| Categoría   | Descripción   | Índice de Thornthwite<br>$I_m$ |
|-------------|---|--------------------------------|
| Árido       | Muy pocas lluvias, alta evaporación                             | -100 a -61                     |
| Semi-árido  | Pocas lluvias   | -60 a -21                      |
| Sub-húmedo  | Lluvia moderada ó lluvia fuertemente estacional                 | -20 a +19                      |
| Húmedo      | Lluvi a estacional calurosa moderada                            | +20 a +100                     |
| Superhúmedo | Lluvias con alta frecuencia o muchos días con superficie húmeda | $I_m > 100$                    |

*Nota.* Tabla del manual de INVIAS para determinar el índice de Thornthwite. Fuente: INVIAS.(2007). Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes.



Se continua con el análisis del suelo de la vía realizando una granulometría y obteniendo su peso, su límite plástico y líquido. De esta forma se clasifica el suelo con el sistema de clasificación unificada (USCS) dada por tabla 4.1 del manual .

**Tabla 25**

**Tabla 4.1 Manual de INVIAS**

| SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS  |  | SUELOS DE PARTICULAS FINAS  |  | SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS   |  | SIMBOLO DEL GRUPO  | EQUIVALENCIA DE SIMBOLOS  |
|---|--|---|--|--|--|--|---|
| MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO EN EL TAMIZ No.200   |  | MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA EL TAMIZ No.200<br>(USAR LA CURVA GRANULOMETRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO)  |  | MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA EL TAMIZ No.200<br>(USAR LA CURVA GRANULOMETRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO) |  |  |   |
| ARENAS<br>MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA PASA EL TAMIZ No.4<br>(Use la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo)<br>ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS)<br>ARENAS LIMPIAS (POCO O NADA DE PART. FINAS) |  | GRAVAS<br>MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA ES RETENIDA EN EL TAMIZ No.4<br>(Use la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo)<br>GRAVAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS)<br>GRAVAS LIMPIAS (POCO O NADA DE PART. FINAS) |  | LIMOS Y ARCILLAS LL < 50<br>LIMOS Y ARCILLAS LL > 50   |  | ML<br>CL<br>OL<br>MH<br>CH<br>OH<br>Pt   | LOS PERCENTAJES DE GRAVA Y ARENA SE DETERMINAN DE LA CURVA GRANULOMETRICA DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS QUE PASA EL TAMIZ No.200. LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE:<br>MENOS DE 5% : GW, GP, SW, SP<br>MAS DE 12% : GM, GC, SM, SC |
|   |  |   |  |  |  |  |   |
|   |  |   |  |  |  | NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADACION PARA GW  |   |
|   |  |   |  |  |  | LIMITES DE PLASTICIDAD DEBAJO DE LA LINEA "A" ó $Ip < 6$   |   |
|   |  |   |  |  |  | LIMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LINEA "A" CON $Ip > 6$   |   |
|   |  |   |  |  |  | COEF. DE UNIFORMIDAD (Cu) : $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$<br>COEF. DE CURVATURA (Cc) : $1 \leq C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \leq 3$ |   |
|   |  |   |  |  |  | NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADACION PARA SW  |   |
|   |  |   |  |  |  | LIMITES DE PLASTICIDAD DEBAJO DE LA LINEA "A" ó $Ip < 6$   |   |
|   |  |   |  |  |  | LIMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LINEA "A" CON $Ip > 6$   |   |

Nota. Tabla del manual de INVIAS para la clasificación del suelo. Fuente: INVIAS.(2007). Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes.



Teniendo la clasificación del suelo siendo esta CL se calcula el CBR y por ende se obtiene el módulo resiliente de la subrasante.

Siguiendo el método de AASTHO se procede al cálculo del número estructural para así hallar los espesores del pavimento y al final teniendo unos espesores de 7 centímetros para la carpeta asfáltica, 15 centímetros para la base granular y 15 centímetros para la subbase granular asegurando un desempeño óptimo del pavimento.

## **7.7. Presupuesto y programación**

### **7.7.1. Presupuesto**

Definidos los diferentes diseños que hacen parte del proyecto, se concluyen los diferentes elementos necesarios para llevar a cabo la construcción de este. Teniendo claros estos elementos, se procede a obtener las cantidades de obra necesarias de cada uno, con ayudas de softwares como AutoCAD, Topo3 y Excel además de diferentes manuales usados a lo largo de los diseños. Junto a estas cantidades de obra se tuvo en cuenta el anexo Listado de análisis Unitario de la Gobernación del Valle del Cauca para obtener un estimado de los precios de cada actividad.

El proyecto se dividió en 6 grandes actividades; Preliminares, Explanaciones, Construcción de la Vía, Alcantarillado sanitario, Alcantarillado pluvial y Señalización vial.



División realizada para poder tener un estimado más detallado de los recursos económicos que será necesario invertir en el proyecto, y estos se denominaron costos directos.

Adicionalmente se estimaron costos de administración, un porcentaje para imprevistos, un porcentaje de utilidad y los impuestos aplicados sobre esa utilidad que deben ser tenidos en cuenta para alcanzar el costo final del proyecto.

#### ***7.7.2. Programación***

Para poder tener un mayor control sobre los recursos utilizados y dar entrega oportuna del proyecto se llevó a cabo una programación de obra que contenga todas las actividades recién mencionadas, los tiempos estimados para cada una teniendo en cuenta que puedan surgir imprevistos por eso dando algunos días de margen extra. El cronograma se realizó iniciando el primer día hábil del mes de septiembre de 2024 y de allí con el detalle de cada duración de actividad, su orden y jerarquía se pudo obtener la duración total del proyecto.



## **8. Resultados**

### **8.1. Diseño geométrico**

#### ***8.1.1. Clasificación de la Carretera.***

De acuerdo con la necesidad operacional de la carretera, siendo una vía de acceso entre una zona residencial rural y su zona productiva. Se procedió con los aspectos generales de diseño, a partir de la clasificación de carreteras según su funcionalidad y tipo de terreno, se estima una vía terciaria para terreno ondulado, consecuentemente para la planeación ejecución del proyecto de carretera nueva.

#### ***8.1.2. Controles para el Diseño Geométrico.***

##### ***8.1.2.1. Velocidad de Diseño.***

Siendo una vía terciaria con terreno ondulado, se tienen dos posibilidades de velocidad de diseño, de las cuales, se escoge una Velocidad de Diseño de 40 km/h.



**8.1.2.2. Velocidad de Específica.**

**Tabla 26**

*Velocidad Específica de las Curvas Horizontales y Entretangencias Horizontales del alineamiento Principal*

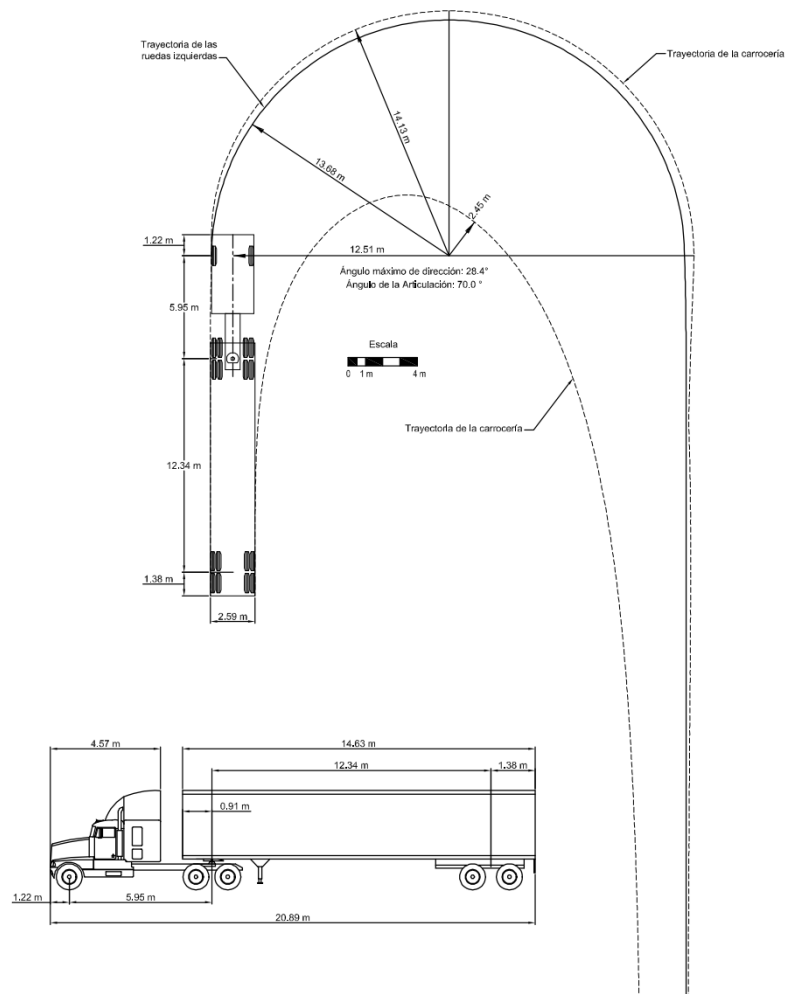
| PI     | Tipo de Curva | Deflexión | Radio (m) | Longitud espiral (m) |        | Longitud del segmento recto anterior (m) | Vch (km/h) |            | Vch final (km/h) | VETH (km/h) |
|--------|---------------|-----------|-----------|----------------------|--------|--|------------|------------|------------------|-------------|
|        |               |           |           | Entrada              | Salida |  | Abs        | Contra Abs |                  |             |
| Inicio | 0             | 0         | 0         | 0                    | 0      | 0  | 40         | 40         | 40               | 0           |
| 0      | 0             | 0         | 0         | 0                    | 0      | 99,776                                   | 0          | 0          | 0                | 50          |
| 1      | ECE           | 34,416    | 125       | 20                   | 20     | 0  | 40         | 50         | 50               | 0           |
| 0      | 0             | 0         | 0         | 0                    | 0      | 80,692                                   | 0          | 0          | 0                | 50          |
| 2      | ECE           | 78,697    | 125       | 40,5                 | 40,5   | 0  | 40         | 50         | 50               | 0           |
| 0      | 0             | 0         | 0         | 0                    | 0      | 396,42                                   | 0          | 0          | 0                | 50          |
| 3      | ECE           | 130,23    | 90        | 40                   | 40     | 0  | 50         | 40         | 50               | 0           |
| 0      | 0             | 0         | 0         | 0                    | 0      | 88,034                                   | 0          | 0          | 0                | 50          |
| 4      | ECE           | 10,344    | 125       | 20                   | 20     | 0  | 50         | 40         | 50               | 0           |
| 0      | 0             | 0         | 0         | 0                    | 0      | 42,255                                   | 0          | 0          | 0                | 50          |
| 5      | ECE           | 43,14     | 80        | 20                   | 20     | 0  | 50         | 40         | 50               | 0           |
| 0      | 0             | 0         | 0         | 0                    | 0      | 65,892                                   | 0          | 0          | 0                | 50          |
| 6      | ECE           | 84,7      | 125       | 20                   | 20     | 0  | 50         | 40         | 50               | 0           |
| 0      | 0             | 0         | 0         | 0                    | 0      | 18,676                                   | 0          | 0          | 0                | 50          |
| Final  | 0             | 0         | 0         | 0                    | 0      | 0  | 50         | 40         | 50               | 0           |

*Nota.* Tabla de velocidades específicas. Fuente: Propia

8.1.2.3. *Vehículo de Diseño.*

**Figura 18**

*Dimensiones y trayectorias de giro para camión categoría 3S2*



*Nota. Figura 2.7 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*



### 8.1.3. Distancias de visibilidad.

#### 8.1.3.1. Distancia de visibilidad de parada.

**Tabla 27**

*Distancia corregida de visibilidad de parada en tramos con pendientes mayores a 3%*

|    | Elemento Vertical | Pendiente | Ve (km/h) | d (m)   | DP <sub>correg</sub> (m) |
|----|-------------------|-----------|-----------|---------|--------------------------|
| 1  | Tangente          | 0,50%     | 50        | 3,41176 | 38,16176                 |
| 2  | Cóncava           | 1,75%     | 50        | 3,41299 | 38,16299                 |
| 3  | Tangente          | 3,00%     | 50        | 3,41422 | 38,16422                 |
| 4  | Convexa           | 0,75%     | 50        | 3,41201 | 38,16201                 |
| 5  | Tangente          | -1,50%    | 50        | 3,40979 | 38,15979                 |
| 6  | Cóncava           | 3,50%     | 50        | 3,41472 | 38,16472                 |
| 7  | Tangente          | 8,50%     | 50        | 3,41964 | 38,16964                 |
| 8  | Convexa           | 5,48%     | 50        | 3,41666 | 38,16666                 |
| 9  | Tangente          | 2,45%     | 50        | 3,41368 | 38,16368                 |
| 10 | Convexa           | -2,09%    | 50        | 3,40921 | 38,15921                 |
| 11 | Tangente          | -6,63%    | 50        | 3,40475 | 38,15475                 |

*Nota.* Distancia corregida de visibilidad de parada. Fuente: Propia

#### 8.1.3.2. Distancia de visibilidad de adelantamiento.

Puesto a las características de la sección transversal, siendo esta correspondiente a una carretera de dos carriles y dos sentidos, el limitado espacio para desarrollar esta maniobra y la poca afluencia de vehículos esperada, se asigna que la maniobra de adelantamiento es prohibida a lo largo del desarrollo de la vía.



**8.1.3.3. Distancia de visibilidad de cruce.**

**Tabla 28**

*Distancia de visibilidad para una maniobra de cruce*

| $V_{EH}$ (m) | d (m)  |
|--------------|--------|
| 40           | 146,85 |
| 50           | 183,56 |
| 60           | 220,28 |

Nota. Fuente: Propia

**8.1.4. Diseño en planta del eje de la carretera.**

**8.1.4.1. Empalmes.**

**Tabla 29**

*Cuadro de elementos de curvatura para vía principal*

| PI | COORDENADAS  |              | $\Delta$       | Rc (m) | A (m)  | Le (m) | $\Theta_e$  | Xe (m)  | Ye (m) | $\Delta R$ (m) | $X_{u_i}$ (m) | TL (m) | TC (m)   | $\Delta c$   | Lc (m)  | Te (m)   | Ee (m)   | ABSCISAS     |               |             |             |
|----|--------------|--------------|----------------|--------|--------|--------|-------------|---------|--------|----------------|---------------|--------|----------|--------------|---------|----------|----------|--------------|---------------|-------------|-------------|
|    | NORTE        | ESTE         |                |        |        |        |             |         |        |                |               |        |          |              |         |          |          | TE           | EC            | CE          | ET          |
|    | 1            | 1947849,0240 |                |        |        |        |             |         |        |                |               |        |          |              |         |          |          | 4641229,7030 | 34° 24' 58" D | 125         | 50          |
| 2  | 1947870,6000 | 4641481,3930 | 78° 41' 50" I  | 125    | 71,151 | 40,5   | 9° 16' 55"  | 40,3938 | 2,1829 | 0,547          | 20,232        | 27,037 | 13,53383 | 60° 08' 01"  | 131,191 | 1570,881 | 1721,059 | K0 + 275,55  | K0 + 316,05   | K0 + 447,24 | K0 + 487,74 |
| 3  | 1947184,6230 | 4641686,5290 | 130° 13' 56" I | 90     | 60     | 40     | 12° 43' 57" | 39,8029 | 2,9525 | 0,741          | 19,967        | 26,736 | 13,39636 | 104° 46' 02" | 164,568 | 84,87984 | 228,6606 | K0 + 884,16  | K0 + 924,16   | K1 + 088,73 | K1 + 128,73 |
| 4  | 1947435,3890 | 4641866,1910 | 10° 20' 38" D  | 125    | 50     | 20     | 4° 35' 01"  | 19,9872 | 0,5331 | 0,133          | 9,998         | 13,338 | 6,670733 | 1° 10' 35"   | 2,567   | 242,8785 | 157,1433 | K1 + 216,76  | K1 + 236,76   | K1 + 239,33 | K1 + 259,33 |
| 5  | 1947511,2390 | 4641939,2060 | 43° 08' 25" I  | 80     | 40     | 20     | 7° 09' 43"  | 19,9688 | 0,8324 | 0,208          | 9,995         | 13,344 | 6,676603 | 28° 48' 59"  | 40,235  | 25,92016 | 167,8821 | K1 + 301,58  | K1 + 321,58   | K1 + 361,82 | K1 + 381,82 |
| 6  | 1947742,8740 | 4641942,3160 | 84° 42' 00" D  | 125    | 50     | 20     | 4° 35' 01"  | 19,9872 | 0,5331 | 0,133          | 9,998         | 13,338 | 6,670733 | 75° 31' 58"  | 164,787 | 2043,751 | 2162,599 | K1 + 447,71  | K1 + 467,71   | K1 + 632,50 | K1 + 652,50 |

Nota. Fuente: Propia, Tabla oficial proporcionada en el anexo

**Tabla 30**

*Cuadro de elementos de curvatura para vía entrada*

| PI | COORDENADAS |              | $\Delta$ | Rc (m) | Lc (m) | T (m) | E (m) | ABSCISAS     |               |
|----|-------------|--------------|----------|--------|--------|-------|-------|--------------|---------------|
|    | NORTE       | ESTE         |          |        |        |       |       | PC           | PT            |
|    | 1           | 1947467,6520 |          |        |        |       |       | 4640679,5350 | 16° 22' 43" I |

Nota. Fuente: Propia



Los tabulados que proyectan la información de elementos de curvatura del presente proyecto para las vías modeladas, se pueden ver en el anexo de Parámetros de Diseño Geométrico.

**8.1.4.2. Transición de peraltes.**

**8.1.4.3. Longitud máxima y mínima de la curva espiral.**

**Tabla 31**

*Longitudes máximas y mínimas para curva espiral*

| Rc  | A <sub>min,1</sub> | A <sub>min,2</sub> | A <sub>min,3,1</sub> | A <sub>min,3,2</sub> | A <sub>min</sub> | A <sub>max</sub> | S <sub>min</sub> | S <sub>max</sub> |
|-----|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 45  | 44,22              | 5,20               | 27,19                | 14,56                | 44,22            | 49,50            | 43,45            | 54,45            |
| 50  | 44,21              | 5,48               | 29,43                | 16,18                | 44,21            | 55,00            | 39,10            | 60,50            |
| 55  | 44,21              | 5,74               | 31,61                | 17,80                | 44,21            | 60,50            | 35,54            | 66,55            |
| 60  | 44,20              | 6,00               | 33,74                | 19,42                | 44,20            | 66,00            | 32,57            | 72,60            |
| 70  | 44,19              | 6,48               | 37,88                | 22,65                | 44,19            | 77,00            | 27,90            | 84,70            |
| 75  | 44,19              | 6,71               | 39,89                | 24,27                | 44,19            | 82,50            | 26,04            | 90,75            |
| 80  | 44,18              | 6,93               | 41,87                | 25,89                | 44,18            | 88,00            | 24,40            | 96,80            |
| 200 | 44,06              | 10,95              | 83,24                | 64,72                | 83,24            | 220,00           | 34,64            | 242,00           |

Nota. Fuente: Propia

**8.1.4.4. Entretangencias horizontales máximas y mínimas.**

**Tabla 32**

*Longitudes máximas para entretangencias a partir de la velocidad específica del elemento*

| V <sub>EH</sub> (m) | L <sub>EH</sub> (m) |
|---------------------|---------------------|
| 40                  | 166,67              |
| 50                  | 208,33              |
| 60                  | 250,00              |

Nota. Fuente: Propia



### **8.1.5. Diseño en perfil del eje de la carretera.**

#### **8.1.5.1. Tangentes Verticales.**

##### **8.1.5.1.1. Pendiente mínima.**

La pendiente mínima que garantiza el adecuado funcionamiento de las cunetas debe ser de cero puntos cinco por ciento (0.5%) como pendiente mínima deseable

##### **8.1.5.1.2. Pendiente máxima.**

Se definió para el presente proyecto, una pendiente máxima en función de la Velocidad Específica de la tangente vertical de 10% como estipula la Tabla 12, Tabla 4.2 en el Manual de diseño Geométrico de carreteras.

##### **8.1.5.1.3. Longitud mínima.**

A partir de la velocidad específica presente a lo largo de todo el corredor, se asigna como longitud mínima para la tangente vertical de 140 metros.

##### **8.1.5.1.4. Longitud máxima.**

Tomando como referencia la pendiente máxima de 9% se asigna como longitud máxima para la tangente vertical la longitud crítica para el vehículo de diseño, la cual es de 350 metros.



### 8.1.5.2. *Curvas Verticales.*

A continuación, en la Tabla 33 se presentan las longitudes mínimas y máximas de acuerdo con la combinación de los criterios de seguridad, operación y drenaje.

**Tabla 33**  
*Longitudes mínimas y máximas para las curvas verticales del proyecto*

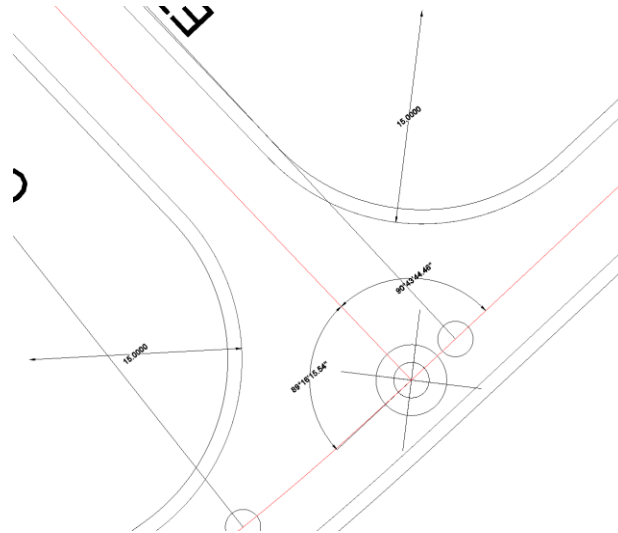
| A           | K <sub>min</sub> | Convexa                     |                            |                              |                         | Cóncava                     |                            |                              |                         |
|-------------|------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------|
|             |                  | L <sub>min,seg</sub><br>(m) | L <sub>min,op</sub><br>(m) | L <sub>MAX,dren</sub><br>(m) | L <sub>min</sub><br>(m) | L <sub>min,seg</sub><br>(m) | L <sub>min,op</sub><br>(m) | L <sub>MAX,dren</sub><br>(m) | L <sub>min</sub><br>(m) |
| -2,50%      | 18,00            |                             |                            |                              |                         | 49,5                        | 30                         | 125                          | 49,50                   |
| 4,50%       | 11,00            | 49,50                       | 30                         | 225                          | 49,50                   |                             |                            |                              |                         |
| -<br>10,00% | 18,00            |                             |                            |                              |                         | 49,5                        | 30                         | 500                          | 49,50                   |
| 6,05%       | 11,00            | 66,55                       | 30                         | 302,5                        | 66,55                   |                             |                            |                              |                         |
| 9,08%       | 11,00            | 99,88                       | 30                         | 454                          | 99,88                   |                             |                            |                              |                         |

*Nota.* Fuente: Propia

8.1.6. *Intersecciones.*

**Figura 19**

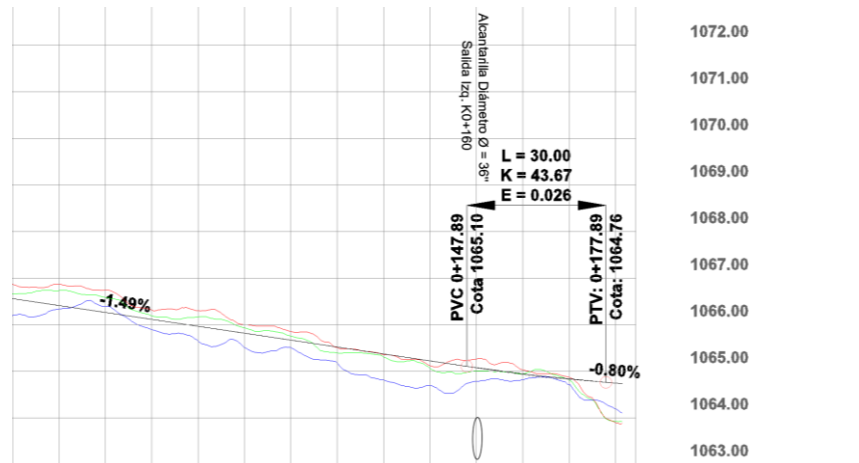
*Intersección Vía Invernaderos y Vía Principal*



Nota. Fuente: Propia

**Figura 20**

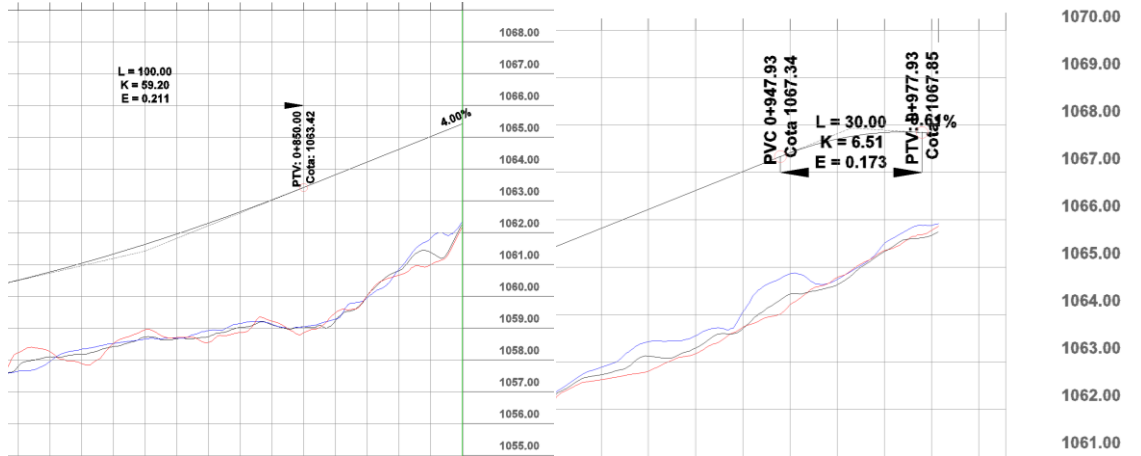
*Vista en perfil de intersección Vía Invernaderos y Vía Principal*



Nota. Fuente: Propia

**Figura 21**

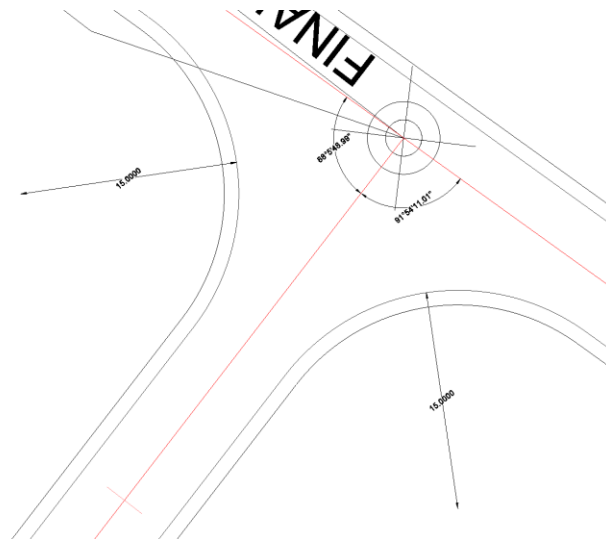
*Vista en perfil de intersección Vía Entrada y Vía Principal*



Nota. Fuente: Propia

**Figura 22**

*Intersección Vía Entrada y Vía Principal*



Nota. Fuente: Propia



## **8.2. Drenaje vial**

### **8.2.1. Cunetas con poceta receptora y alcantarilla**

Los cálculos detallados se encuentran en el anexo Diseño de cunetas.

#### **8.2.1.1. Áreas aferentes.**

##### **8.2.1.1.1. Zonas de laderas.**

Como resultado de los Cálculos la zona de ladera tiene una dimensión máxima de las cunetas de 400m, en donde se tienen que instalar sumideros para evitar el desbordamiento de las cunetas.

##### **8.2.1.1.2. Zonas de terraplén.**

En las zonas de terraplén se obtuvo que la distancia entre sumideros es de aproximadamente 1 km.



**8.2.1.2. Caudal de diseño.**

**Tabla 34**

*Caudal de diseño para drenaje vial*

| Zona      | Valor   | unidades |
|-----------|---------|----------|
| Laderas   | 0.175   | $m^3/s$  |
|           | 175.5   | $L/s$    |
| Terraplén | 0.00380 | $m^3/s$  |
|           | 3.80    | $L/s$    |

*Nota.* Cálculos de caudal de diseño del drenaje vial para zonas de terraplén y ladera. Resultados. Fuente: propia.

**8.2.1.3. Longitudes máximas.**

**Tabla 35**

*Longitud máxima entre pocetas para zona de ladera*

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| n                     | 0.014   |
| Base (m)              | 0.9     |
| Altura (m)            | 0.2     |
| Área cuneta ( $m^2$ ) | 0.0908  |
| Radio hidráulico (m)  | 0.0459  |
| Wimpluvium (m)        | 45      |
| So (m/m)              | 0.06    |
| Lmáx (m)              | 417.049 |

*Nota.* Cálculos de longitud máxima entre pocetas para zona de ladera. resultados fuente propia.



**Tabla 36**

*Longitud máxima entre pocetas para zona de terraplén*

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| n                     | 0.014    |
| Base (m)              | 0.9      |
| Altura (m)            | 0.2      |
| Área cuneta ( $m^2$ ) | 0.0908   |
| Radio hidráulico (m)  | 0.0459   |
| Wimpluvium (m)        | 45       |
| So (m/m)              | 0.06     |
| Lmáx (m)              | 1080.149 |

*Nota.* Cálculos de longitud máxima entre pocetas para zona de terraplén. Resultados fuente propia.

#### 8.2.1.4. Caudal de Manning

**Tabla 37.**

*Caudal de Manning para zonas de ladera*

|          |         |         |
|----------|---------|---------|
| QManning | 0.203   | $m^3/s$ |
|          | 203.710 | $L/s$   |

*Nota.* Resultados de caudal de Manning para zona de ladera. Resultados fuente propia.

**Tabla 38**

*Caudal de Manning para zonas de terraplén*

|          |             |         |
|----------|-------------|---------|
| QManning | 0.117612343 | $m^3/s$ |
|          | 117.6123433 | $L/s$   |

*Nota.* Resultados de caudal de Manning para zona de terraplén. Resultados fuente propia.



La evaluación del caudal de Manning indica que este supera el caudal de diseño en ambos escenarios, lo que nos asegura que la cuneta no se desbordará.

#### **8.2.1.5. Diámetro de alcantarilla.**

El cálculo del diámetro de las alcantarillas resultó en 0,275 metros; sin embargo, conforme a la normativa vigente [2], se establece un diámetro mínimo permitido de 0,9 metros.

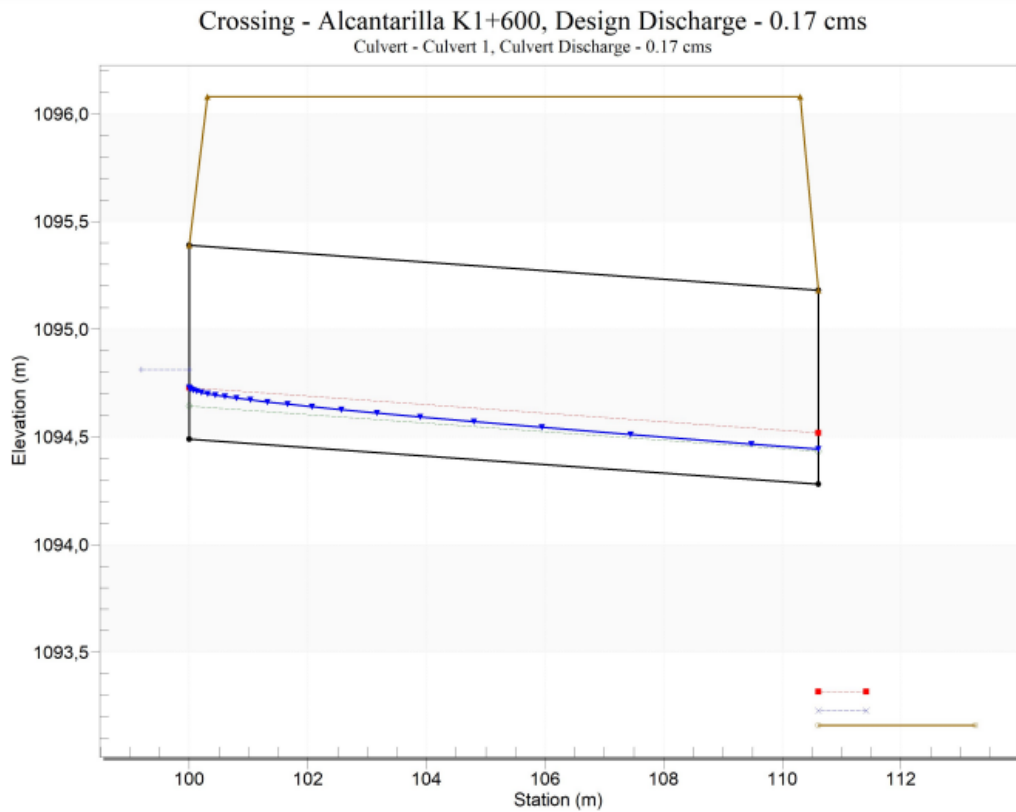
De todas formas, se verifica el perfil del flujo como indica el Manual de drenaje para carreteras [2], como se observa en la



*Figura 23* y en el anexo Verificación de perfil de flujo para alcantarilla se encuentran los resultados arrojados por el programa HY-8 y los resultados de otros puntos, que también fueron verificados, esto da más seguridad respecto a los resultados previamente obtenidos.

**Figura 23**

*Perfil de flujo en la alcantarilla de diámetro 0.9 m para ladera*



*Nota.* Perfil de flujo de la alcantarilla D=0.9m generado por programa HY-8 recomendado por el Manual de drenaje para carreteras. Fuente: Propia



### 8.2.1.6. Ubicación de las cámaras de recolección.

**Tabla 39**

*Ubicación de cámaras de recolección para zona de ladera*

| Tramo         | Alcantarilla | Abscisa |
|---------------|--------------|---------|
| Vía principal | 1            | k0+00   |
| Vía principal | 2            | k0+637  |
| Vía principal | 3            | k0+800  |
| Vía principal | 4            | k1+000  |
| Vía principal | 5            | k1+600  |

*Nota.* Especificación de la abscisa donde se ubica la cámara de recolección para zona de ladera. Fuente propia.

**Tabla 40.**

*Ubicación de cámaras de recolección para zona de terraplén*

| Tramo       | Alcantarilla | Abscisa |
|-------------|--------------|---------|
| Entrada     | 6            | k0+00   |
| invernadero | 7            | k0+181  |

*Nota.* Especificación de la abscisa donde se ubica la cámara de recolección para zona de terraplén. Fuente propia.



### **8.2.1.7. Dimensiones y estructura**

En el documento que se encuentran en el anexo PLANOS DE DRENAJE VIAL, se muestran las dimensiones y estructura de todo el sistema del drenaje vial, el cual incluye: cunetas, vista en planta, vista de perfil, cimentaciones, estructura de salida, los cuales cuentan con su respectivo despiece.

### **8.2.2. Alcantarilla a la que tributa superficie lateral a la vía.**

#### **8.2.2.1. Caudal de diseño.**

$$Q = 2.225 \frac{m^3}{s}$$

#### **8.2.2.2. Diseño del conducto de la alcantarilla.**

##### **8.2.2.2.1. Pendiente del ducto.**

La pendiente asignada para la presente estructura es de 1.6% para ir acorde con la superficie natural y prevenir grandes remociones de tierra con el objeto de lograr la pendiente de diseño

##### **8.2.2.2.2. Carga a la entrada.**

A partir del nomograma de la Figura 4, se asigna la alcantarilla con condiciones de entrada más favorables, siendo esta la  $H_{(3)} = 1.21m$  con una altura de agua a la entrada menor a  $H_{MAX} = 1.32m$  para una alcantarilla con tubo circular de concreto prefabricado de diámetro  $D = 1.1m$ .

Las características para la entrada de la alcantarilla a la que tributa superficie lateral a la vía es de un ducto prolongado sin muro frontal y aletas con arista ranurada.



**Tabla 41**

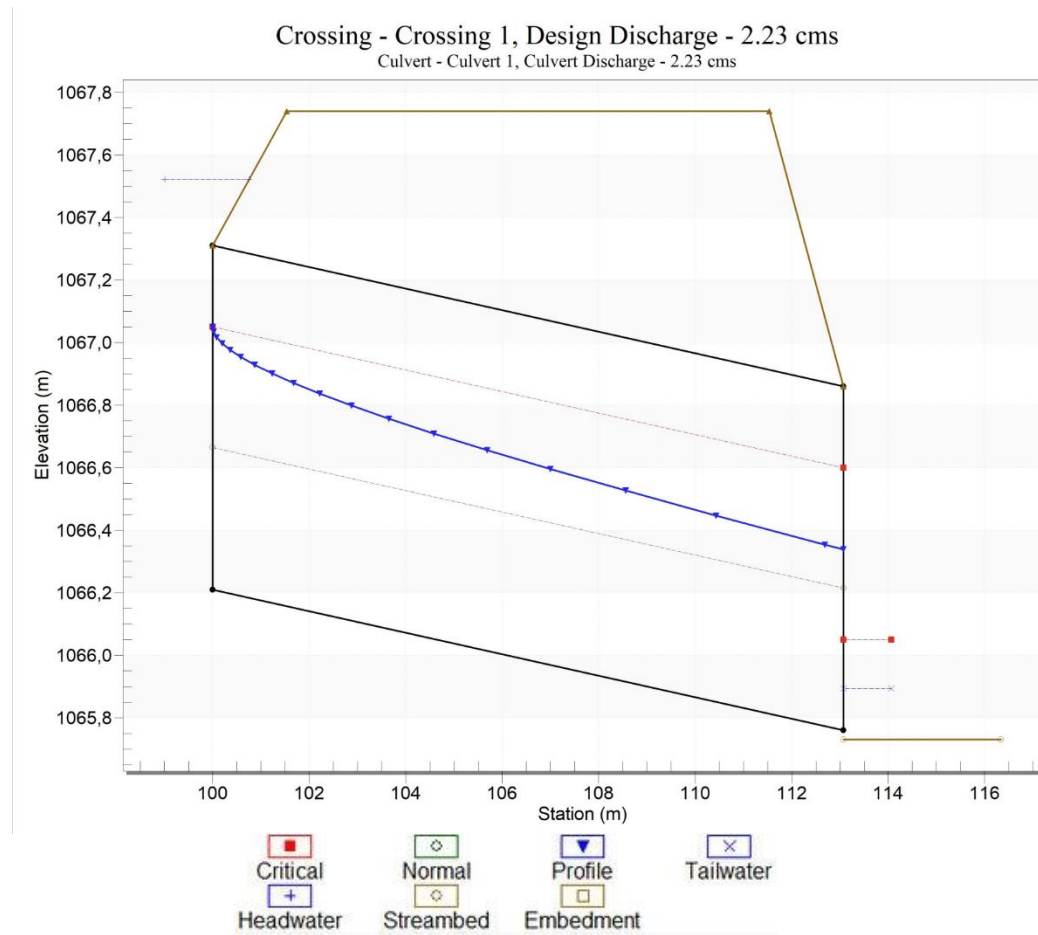
*Tabla de resultados en la alcantarilla de diámetro 1.1m*

| Descarga Total (m <sup>3</sup> ) | Elevación de la Cabecera (m) | Profundidad control de entrada(m) | Profundidad control de salida(m) | HW / D | Tipo de flujo | Profundidad Normal (m) | Profundidad Crítica (m) | Profundidad de Salida (m) | Profundidad de canal de salida (m) | Velocidad de salida (m/s) | Velocidad de canal de salida (m/s) |
|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------|---------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| <b>0.00</b>                      | 1066.21                      | 0.00                              | 0.0                              | 0.00   | 0-NF          | 0.00                   | 0.00                    | 0.00                      | 0.00                               | 0.00                      | 0.00                               |
| <b>0.22</b>                      | 1066.55                      | 0.34                              | 0.0*                             | 0.31   | 1-S2n         | 0.14                   | 0.26                    | 0.15                      | 0.05                               | 2.81                      | 2.28                               |
| <b>0.44</b>                      | 1066.70                      | 0.49                              | 0.0*                             | 0.44   | 1-S2n         | 0.20                   | 0.36                    | 0.22                      | 0.08                               | 3.21                      | 2.80                               |
| <b>0.67</b>                      | 1066.82                      | 0.61                              | 0.04                             | 0.56   | 1-S2n         | 0.24                   | 0.45                    | 0.28                      | 0.09                               | 3.48                      | 3.14                               |
| <b>0.89</b>                      | 1066.94                      | 0.73                              | 0.14                             | 0.66   | 1-S2n         | 0.28                   | 0.52                    | 0.33                      | 0.11                               | 3.66                      | 3.40                               |
| <b>1.11</b>                      | 1067.04                      | 0.83                              | 0.24                             | 0.75   | 1-S2n         | 0.31                   | 0.59                    | 0.38                      | 0.12                               | 3.81                      | 3.60                               |
| <b>1.33</b>                      | 1067.13                      | 0.92                              | 0.34                             | 0.84   | 1-S2n         | 0.35                   | 0.65                    | 0.42                      | 0.13                               | 3.95                      | 3.78                               |
| <b>1.56</b>                      | 1067.22                      | 1.01                              | 0.44                             | 0.92   | 1-S2n         | 0.37                   | 0.70                    | 0.47                      | 0.14                               | 4.07                      | 3.94                               |
| <b>1.70</b>                      | 1067.28                      | 1.07                              | 0.51                             | 0.97   | 1-S2n         | 0.39                   | 0.73                    | 0.49                      | 0.14                               | 4.14                      | 4.03                               |
| <b>2.00</b>                      | 1067.41                      | 1.20                              | 0.67                             | 1.09   | 5-S2n         | 0.43                   | 0.80                    | 0.54                      | 0.16                               | 4.29                      | 4.21                               |
| <b>2.22</b>                      | 1067.52                      | 1.31                              | 0.91                             | 1.19   | 5-S2n         | 0.45                   | 0.84                    | 0.58                      | 0.16                               | 4.39                      | 4.34                               |

*Nota.* Evaluación de comportamiento de la alcantarilla por programa HY-8 recomendado por el Manual de drenaje para carreteras. Fuente: Propia

**Figura 24**

*Perfil de flujo en la alcantarilla de diámetro 1.1m*



*Nota.* Perfil de flujo de la alcantarilla D=1,1m generado por programa HY-8 recomendado por el Manual de drenaje para carreteras. Fuente: Propia

Los resultados muestran, también, que el flujo tiene control a la entrada, lo que representa un funcionamiento hidráulico adecuado. La velocidad a la salida del conducto (4.39 m/s) es apropiada para concretos convencionales y muy similar a la del canal de salida (4.34 m/s), lo



que indica que no se generaría erosión por variación de velocidad del flujo a la salida de la alcantarilla. [1]

### 8.3. Alcantarillado sanitario

A continuación, se muestran las tablas de resultados obtenidas por el cálculo del sistema de alcantarillado de aguas residuales. Estos cálculos se encuentran en el anexo Diseño de alcantarillado sanitario junto al análisis de costos para este sistema.

#### 8.3.1. Requisitos mínimos de la norma

La norma establece unos valores mínimos para los parámetros de diseño del sistema de alcantarillado de aguas residuales que se muestran en la tabla a continuación.

**Tabla 42**

*Requisitos mínimos impuestos por el RAS*

| Requisitos del RAS |       |       |
|--------------------|-------|-------|
| Qd mínimo          | [L/s] | 1.5   |
| Q/Qfull            | [-]   | 0.085 |
| Dmin               | [mm]  | 145   |
| Vmin               | [m/s] | 0.45  |
| Vmax               | [m/s] | 5     |
| E. Cortante min    | [Pa]  | 1.5   |
| Prof. min.         | [m]   | 0.75  |

Nota. Tabla generada con los principales requisitos mínimos explicados en el capítulo D.3.3 del RAS. Fuente: propia



### 8.3.2. *Caudales*

Los caudales obtenidos mediante el proceso mencionado en el marco conceptual se muestran a continuación

**Tabla 43**

*Caudales Calculados*

|               |       |       |
|---------------|-------|-------|
| Qdom          | [L/s] | 0.266 |
| QMH           | [L/s] | 1.01  |
| QD            | [L/s] | 1.12  |
| QD<br>adptado | [L/s] | 1.50  |

Nota. Fuente: Propia



### 8.3.3. Pendientes

Las pendientes en cada tramo y las cotas referenciales se muestran a continuación

**Tabla 44**

*Pendientes y cotas por tramo del sistema*

| Tramo   | Longitud del tramo (m) | Cota inicial (m.s.n.m.) |             |            | Cota final (m.s.n.m.) |             |            | Pendiente |
|---------|------------------------|-------------------------|-------------|------------|-----------------------|-------------|------------|-----------|
|         |                        | inicial                 | profundidad | cota clave | final                 | profundidad | cota clave |           |
| 1--2    | 170                    | 1127.28                 | 1.5         | 1125.78    | 1122.18               | 1.5         | 1120.68    | 3.0%      |
| 2--3    | 108                    | 1122.18                 | 1.5         | 1120.68    | 1111.076              | 1           | 1110.076   | 9.8%      |
| 3--4    | 26                     | 1111.076                | 1           | 1110.076   | 1108.661              | 1.5         | 1107.161   | 11.2%     |
| 4--5    | 33                     | 1108.661                | 1.5         | 1107.161   | 1097.373              | 0.75        | 1096.623   | 31.9%     |
| 5--6    | 35                     | 1097.373                | 0.75        | 1096.623   | 1087.171              | 0.75        | 1086.421   | 29.1%     |
| 6--7    | 31                     | 1087.171                | 0.75        | 1086.421   | 1081.99               | 0.75        | 1081.24    | 16.7%     |
| 7--8    | 88                     | 1081.99                 | 0.75        | 1081.24    | 1075.33               | 1           | 1074.33    | 7.9%      |
| 8--9    | 300                    | 1075.33                 | 1           | 1074.33    | 1066.25               | 1           | 1065.25    | 3.0%      |
| 9--10   | 27                     | 1066.25                 | 1           | 1065.25    | 1065.5                | 1           | 1064.5     | 2.8%      |
| 10--11  | 285                    | 1065.5                  | 1           | 1064.5     | 1057.35               | 0.6         | 1056.75    | 2.7%      |
| 11--12  | 300                    | 1057.35                 | 0.6         | 1056.75    | 1052.23               | 0.75        | 1051.48    | 1.8%      |
| 12-PTAR | 300                    | 1052.23                 | 0.6         | 1051.63    | 1047.94               | 0           | 1047.94    | 1.2%      |

*Nota.* Se muestran los tramos, longitudes, cotas y pendientes por tramo de todo el sistema.

Fuente: propia.

### 8.3.4. Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño como diámetros, caudales y velocidades se muestran a continuación



**Tabla 45**

*Parámetros de diseño calculados para el sistema*

| Tramo   | Q max(m <sup>3</sup> /s) | D teorico (mm) | D adaptado (mm) | Qmin (m <sup>3</sup> /s) | V max (m/s) | V min (m/s) | cortante |
|---------|--------------------------|----------------|-----------------|--------------------------|-------------|-------------|----------|
| 1--2    | 0.0015                   | 45.19          | 145             | 0.0010                   | 1.24        | 1.20        | 17.25    |
| 2--3    | 0.0015                   | 36.18          | 145             | 0.0010                   | 3.63        | 2.45        | 44.96    |
| 3--4    | 0.0015                   | 35.17          | 145             | 0.0010                   | 3.63        | 2.45        | 52.23    |
| 4--5    | 0.0015                   | 28.99          | 145             | 0.0010                   | 3.63        | 2.45        | 146.42   |
| 5--6    | 0.0015                   | 29.44          | 145             | 0.0010                   | 3.63        | 2.45        | 134.98   |
| 6--7    | 0.0015                   | 32.71          | 145             | 0.0010                   | 3.63        | 2.45        | 76.92    |
| 7--8    | 0.0015                   | 37.72          | 145             | 0.0010                   | 1.78        | 2.45        | 35.98    |
| 8--9    | 0.0015                   | 45.12          | 145             | 0.0010                   | 1.24        | 1.20        | 17.40    |
| 9--10   | 0.0015                   | 45.73          | 145             | 0.0010                   | 1.24        | 1.20        | 16.19    |
| 10--11  | 0.0015                   | 45.85          | 145             | 0.0010                   | 1.24        | 1.20        | 15.98    |
| 11--12  | 0.0015                   | 50.23          | 145             | 0.0010                   | 0.99        | 1.20        | 9.81     |
| 12-PTAR | 0.0015                   | 53.83          | 145             | 0.0010                   | 0.99        | 0.84        | 7.63     |

*Nota.* Se muestra todos los parámetros que se calcularon para el sistema viendo que cumplen con los mínimos requeridos por la norma. Fuente: Propia



#### 8.4. Estudio de suelos

A continuación, se muestran las tablas de resultados del laboratorio, donde se evidencia un suelo de baja plasticidad. Que concuerda con los estudios de la Universidad Nacional donde muestra los estudios de suelo en los apiques cercanos a la vía en diseño, arcillas arenosas de baja plasticidad.

**Tabla 46**

*Datos de suelo obtenidos de evaluación con instrumento de campo Geogauge*

| Apique | Coordenadas  | 0 m             |               |                        | 0.3 m           |               |                        | 0.6 m           |               |                        | 1 m             |               |                        |
|--------|--------------|-----------------|---------------|------------------------|-----------------|---------------|------------------------|-----------------|---------------|------------------------|-----------------|---------------|------------------------|
|        |              | Módulo Young My | Resistencia S | Desviación estándar Sd | Módulo Young My | Resistencia S | Desviación estándar Sd | Módulo Young My | Resistencia S | Desviación estándar Sd | Módulo Young My | Resistencia S | Desviación estándar Sd |
| 1      | 1947922,2001 |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |
|        | 4641100,4508 | 41,75           | 4,81          | 48,735                 | 63,31           | 7,3           | 1,1033                 | 49,25           | 5,68          | 1,04                   | 57,86           | 6,67          | 2,16                   |
| 2      | 1062,7236    |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |
|        | 1947774,7365 |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |
| 3      | 4641521,0098 | 26,29           | 3,03          | 1,14                   |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |
|        | 1071,3905    |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |
| 4      | 1947298,3121 |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |
|        | 4641657,4720 | 42,53           | 4,9           | 1,0728                 | 113,01          | 13,03         | 1,1263                 | 149,53          | 17,24         | 2,3238                 | 37,02           | 4,27          | 3,7163                 |
| 5      | 1083,6305    |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |
|        | 1947391,8332 |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |
| 5      | 4641847,2934 | 45              | 5,19          | 1,7814                 | 90,41           | 10,42         | 1,3783                 | 40,84           | 4,71          | 1,9314                 | 59,24           | 6,83          | 1,6092                 |
|        | 1122,3567    |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |
| 5      | 1947750,9457 |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |
|        | 4642064,0307 | 118,68          | 13,68         | 1,23                   | 50,23           | 5,79          | 1,1328                 | 54,84           | 6,32          | 1,1239                 | 55,71           | 6,42          | 1,1707                 |
|        | 1091,3279    |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |                 |               |                        |

*Nota. Fuente: Propia.*



**Tabla 47**

*Parámetros de caracterización de la consistencia y el comportamiento de los suelos finos evaluados*

| Aire Límite Líquido |        |        |                 |                                  |                                |           |                |       |
|---------------------|--------|--------|-----------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------|----------------|-------|
| Recipiente          | Apique | Golpes | Peso Recipiente | Peso Recipiente + Muestra Humeda | Peso Recipiente + Muestra Seca | Masa Agua | Cont Humedad % | LL    |
| 127                 | 1      | 15     | 12,47           | 22,58                            | 15,54                          | 7,04      | 45             | 32,79 |
| 5p                  | 1      | 22     | 12,44           | 23,57                            | 17,60                          | 5,97      | 34             |       |
| 27                  | 1      | 30     | 10,47           | 20,09                            | 15,67                          | 4,42      | 28             |       |
| 23p                 | 3      | 18     | 10,8            | 22,63                            | 16,12                          | 6,51      | 40             | 30,05 |
| 204p                | 3      | 24     | 13,57           | 26,36                            | 20,56                          | 5,80      | 28             |       |
| 110                 | 3      | 34     | 14,42           | 24,3                             | 20,19                          | 4,11      | 20             |       |
| 74p                 | 5      | 17     | 12,14           | 21,56                            | 15,90                          | 5,66      | 36             | 29,13 |
| 41p                 | 5      | 22     | 11,87           | 21,57                            | 16,86                          | 4,71      | 28             |       |
| 427                 | 5      | 35     | 11,82           | 22,33                            | 17,94                          | 4,39      | 24             |       |
| 231p                | 4      | 16     | 13,9            | 25,67                            | 19,03                          | 6,64      | 35             | 31,97 |
| 0                   | 4      | 23     | 12,13           | 23,64                            | 17,84                          | 5,80      | 32             |       |
| 216p                | 4      | 31     | 12,64           | 26,39                            | 20,28                          | 6,11      | 30             |       |

*Nota.* Fuente: Propia.



**Tabla 48**

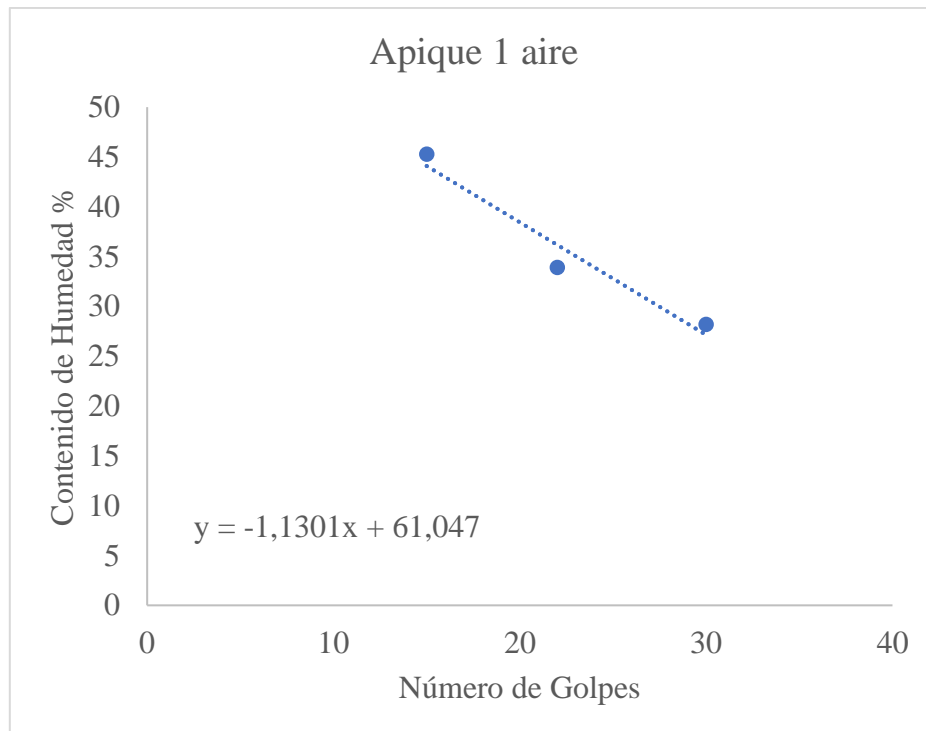
*Resultados de la magnitud del intervalo de humedad en el cual el suelo posee consistencia plástica*

| Límite Plástico |            |                 |                         |           |           |      |      |       |
|-----------------|------------|-----------------|-------------------------|-----------|-----------|------|------|-------|
| Apique          | Recipiente | Peso Recipiente | Peso Recipiente + Rollo | Peso Seco | Masa Agua |      | LP   | IP    |
| 1               | 61p        | 15,22           | 20,29                   | 16,58     | 3,71      | 22,3 | 22,2 | 10,64 |
| 1               | 102        | 12,28           | 17,28                   | 14,17     | 3,11      | 22,0 |      |       |
| 3               | 76p        | 11,83           | 17,51                   | 14,72     | 2,79      | 18,9 | 18,6 | 11,43 |
| 3               | 40         | 10,8            | 18,31                   | 15,47     | 2,84      | 18,3 |      |       |
| 5               | 18p        | 9,45            | 12,23                   | 10,24     | 1,99      | 19,4 | 19,2 | 9,93  |
| 5               | 32p        | 10,94           | 13,83                   | 11,62     | 2,21      | 19,0 |      |       |
| 4               | 135        | 12,3            | 18,65                   | 15,32     | 3,33      | 21,7 | 21,6 | 10,37 |
| 4               | 1p         | 11,29           | 17,94                   | 14,77     | 3,17      | 21,5 |      |       |

*Nota.* Fuente: Propia.

**Figura 25**

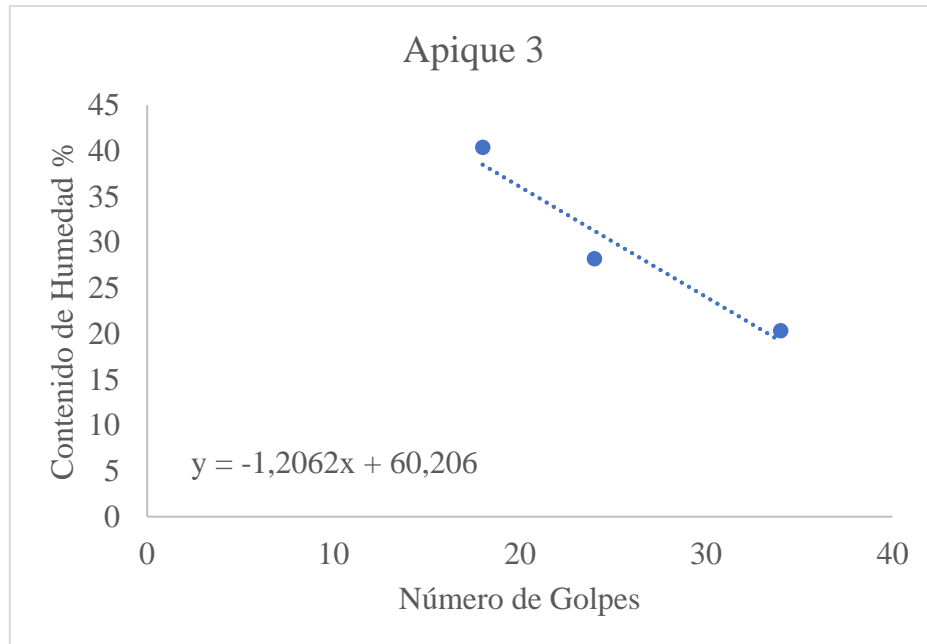
*Curva de fluidez para el apique 1 aire*



*Nota.* La grafica muestra los datos obtenidos de 3 repeticiones del laboratorio y su línea de tendencia y su ecuación para determinar el contenido de humedad para 25 golpes.  
Fuente: Propia.

**Figura 26**

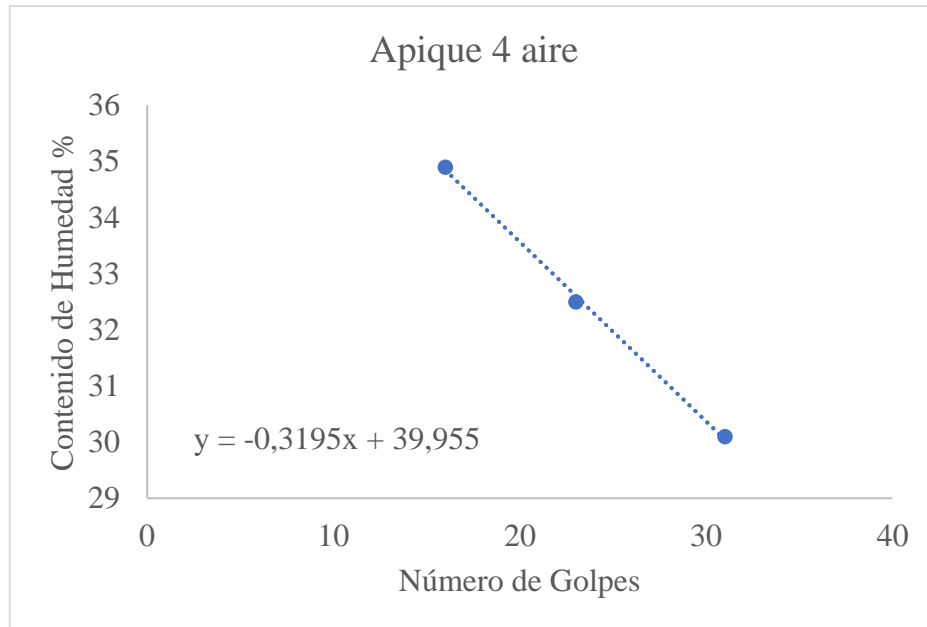
*Curva de fluidez para el apique 3*



*Nota.* La grafica muestra los datos obtenidos de 3 repeticiones del laboratorio y su línea de tendencia y su ecuación para determinar el contenido de humedad para 25 golpes.  
Fuente: Propia.

**Figura 27**

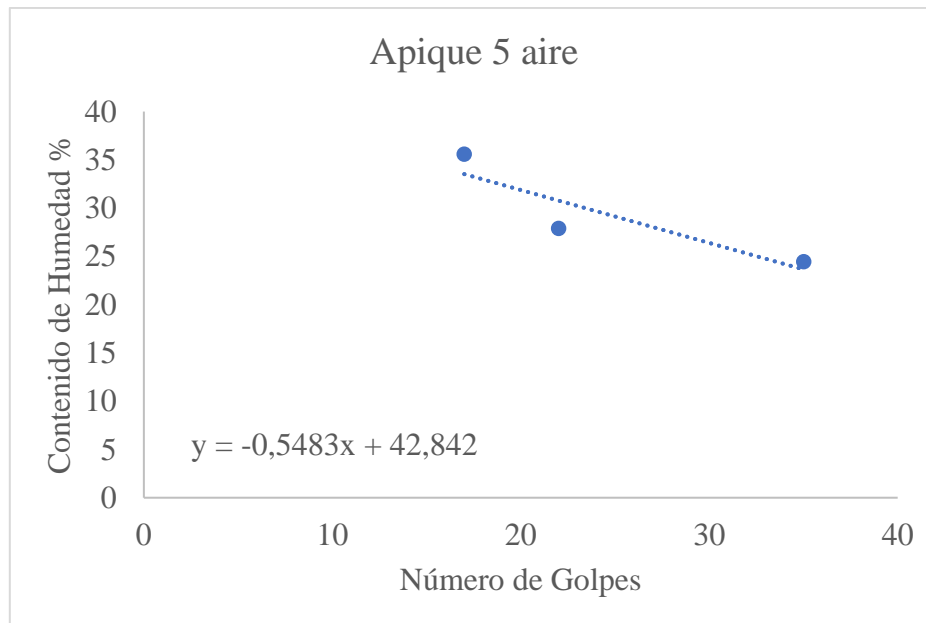
*Curva de fluidez para el apique 4*



*Nota.* La grafica muestra los datos obtenidos de 3 repeticiones del laboratorio y su línea de tendencia y su ecuación para determinar el contenido de humedad para 25 golpes.  
Fuente: Propia.

**Figura 28**

*Curva de fluidez para el apique 5*



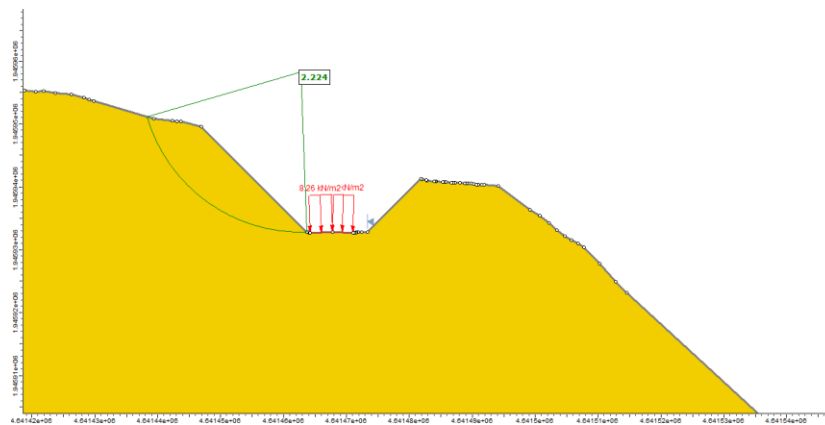
*Nota.* La grafica muestra los datos obtenidos de 3 repeticiones del laboratorio y su línea de tendencia y su ecuación para determinar el contenido de humedad para 25 golpes.  
Fuente: Propia.

## 8.5. Estabilización de taludes

Como se evidencia no es necesario construir ningún muro de retención ya que el terreno por sí solo se mantiene estable, el estudio de cada tramo de la vía realizado en el programa Slide 2 se encuentra en el anexo Estabilización geotécnica.

### Figura 29

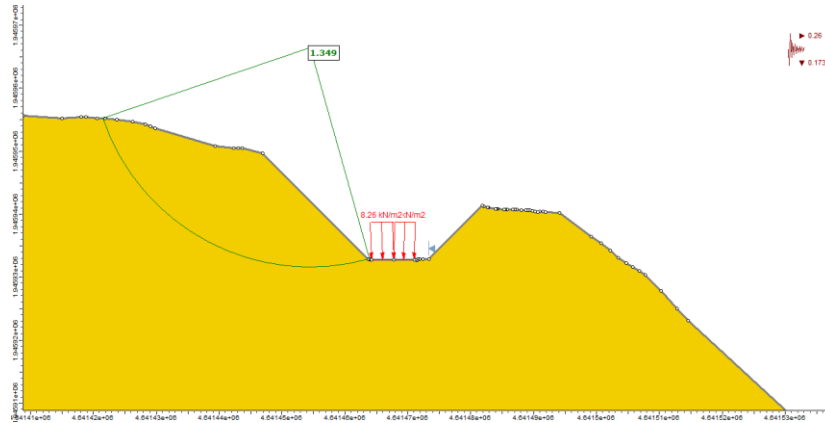
*Modelación en Slide talud.*



*Nota.* Modelación en Slide. Fuente: Propia

**Figura 30**

*Modelación en Slide considerando sismo.*



*Nota.* Modelación en Slide del talud considerando sismo. Fuente: Propia

### **8.5.1. Sugerencias**

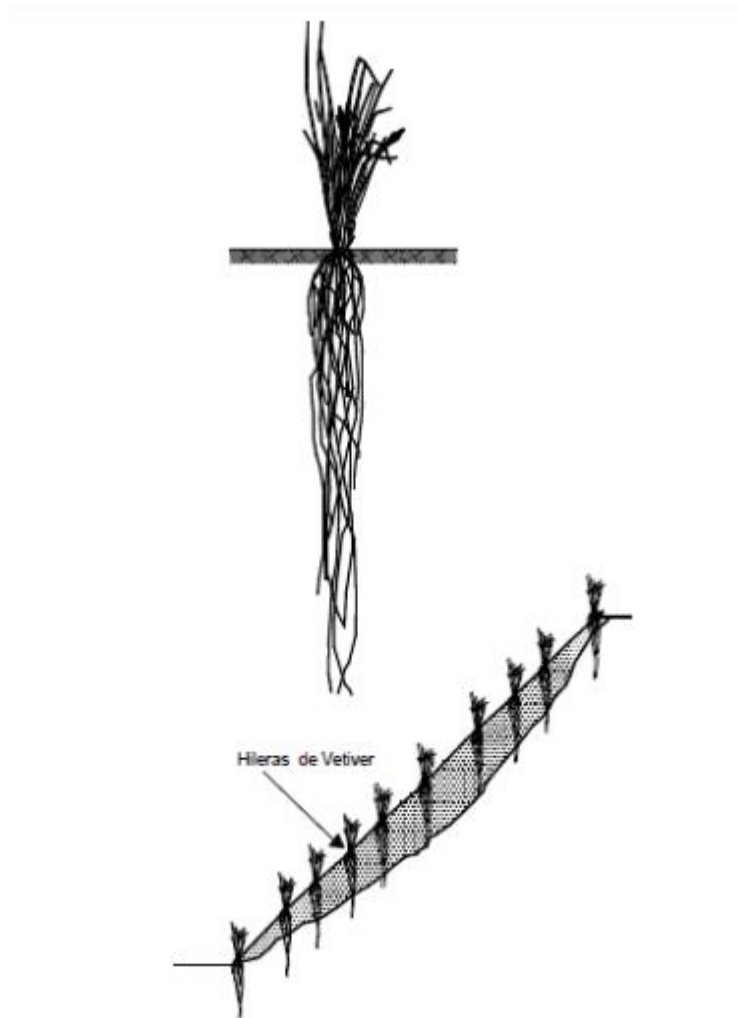
Para el área entre las abscisas donde se encuentra un talud grande desde 5 metros hasta los 20 metros de altura se propone el uso de un geotextil el cual sirva para la resistencia y como refuerzo y se propone el sembrar Vetiver para ayudar a la resistencia. Se recomienda una distancia de 50 x 50 cm entre plantas. También se pueden hacer hileras con distancia de 1 metro y distancia entre plantas de 10 cm. El Vetiver tiene gran capacidad de adaptación y resistencia a situaciones extremas, tanto de suelos como a nivel climático, aunque su rendimiento optimo se obtiene en temperaturas alrededor de los 25°C y su mantenimiento es fácil. Por otro lado, el sistema radicular(raíces) se comportan como clavos vivientes del suelo,



pudiendo alcanzar una profundidad de hasta 4 metros (así como se usa normalmente en obras civiles convencionales), con una resistencia a la tensión promedio de  $75\text{MPa}=765\text{ Kg/cm}^2$  [6].

**Figura 31**

*Esquema de una planta de vetiver y su efecto sobre la estabilidad de un talud*



*Nota. Esquema de plantación de Vetiver Fuente [7]*



**8.5.1.1. Especificaciones de siembra.**

- Cavar zanjas que sean de 15 a 20 cm de ancho y profundidad.
- Localizar plantas bien enraizadas (con 2 a 3 brotes) en el centro de cada hilera a intervalos de 100-120 mm (4 a 5 pulgadas) en suelos erosionables, y a 150 mm (6 pulgadas) para suelos normales.
- Debido a que los suelos en las pendientes, taludes de carreteras y rellenos en diques/terraplenes no son fértiles, se recomienda el uso de plantas producidas en contenedores (bolsas, tubetes) para siembras de gran escala y lograr un establecimiento rápido. La adición de un poco de buena mezcla de suelo estiércol es recomendable. Para proteger los bancos de río donde el suelo es usualmente fértil y donde el agua de riego es de fácil acceso, las plantas a raíz desnuda son apropiadas.
- Cubra las raíces con 20 a 40mm (1 a 2 pulgadas) de suelo y compáctelo firmemente.
- Fertilice con Nitrógeno y fósforo cómo el FDA (Fosfato Di Amónico) o NPK (nótese que por experiencia el vetiver no responde significativamente a las



aplicaciones de potasio) a 100 g (3.5 oz) por metro de hilera. La misma cantidad de cal puede ser necesaria cuando se planta en suelos sulfato ácido.

- Riegue el mismo día de la siembra. - Para reducir el control de malezas durante la etapa de establecimiento, puede utilizarse un herbicida preemergente como la Atrazina.

#### **8.5.1.2. Mantenimiento.**

- Riego En clima seco, riegue diariamente durante las dos primeras semanas después de la siembra y luego un día de por medio. Riegue dos veces por semana hasta que las plantas se establezcan completamente. Las plantas adultas no requieren más riego.
- Resiembra Durante el primer mes después de la siembra, reponga todas las plantas que fallen en su establecimiento o hayan sido arrastradas. Continúe las inspecciones hasta que las plantas se hayan establecido apropiadamente. Controle las malezas, especialmente las trepadoras, durante el primer año.No



use el herbicida Round Up (glifosato). El vetiver es muy sensible al glifosato, por lo que este no debe ser usado para controlar las malezas entre las hileras.

- Fertilización En suelos infértiles, FDA o fertilizante NPK debe aplicarse al principio de la segunda temporada de lluvias.
- Poda Después de cinco meses, las podas regulares son muy importantes. Las barreras deben ser cortadas a unos 15 a 20 cm (6 a 8”) sobre el nivel del terreno. Esta técnica simple promueve el desarrollo de nuevos brotes desde la base y reduce el volumen de hojas secas que de otra manera pueden sombrear los brotes jóvenes. La poda es también importante para mejorar la apariencia de las barreras secas y para disminuir el riesgo de incendios. Las hojas frescas cortadas pueden ser usadas como forraje para el ganado, para artesanías, e incluso para hacer techos. El vetiver también puede ser empleado para reducir desastres naturales, no debe ser sobre utilizado para otros fines secundarios. Se pueden realizar podas sucesivas dos a tres veces al año. Se debe tener cuidado de que la planta tenga largas hojas durante la temporada de tifones. El vetiver puede ser podado inmediatamente después que termine la temporada de tifones. Otra



época apropiada para la poda podría ser unos tres meses antes del inicio de la temporada de tifones.

- Cercado y cuidados Durante los meses del período de establecimiento puede ser necesario cercar y cuidar el vetiver para protegerlo del vandalismo y del ganado.



## 8.6. Pavimentos

**Tabla 49**

*Parámetros de entrada para el diseño del pavimento*

| Datos de entrada                   | Vía |
|------------------------------------|-----|
| TPDSo (vía a diseñar)              | 196 |
| TPDA estación maestra              | -   |
| TPDM estación maestra              | -   |
| Años hasta puesta en operación (i) | 2   |
| Vida útil del proyecto (n)         | 10  |
| Tasa de crecimiento (r )           | 2   |
| Confiabilidad (%)                  | 70  |
| Porcentaje Transito generado       | 2.5 |
| Años de Transito generado          | 2   |
| Porcentaje de Transito atraído     | 10  |
| Años de Transito atraído           | 2   |
| Ancho de carril (m)                | 3.5 |
| Ancho de berma                     | 0   |
| Número de carriles totales         | 2   |
| Número de carriles por sentido     | 1   |
| Ancho de calzada                   | 7   |

*Nota.* Valores de los parámetros para realizar el diseño del pavimento. Fuente: Propia



**Tabla 50**

*Composición vehicular.*

| Tipo de vehículo  | %  |
|-------------------|----|
| (A) Autos         | 62 |
| (B2) Bus (2 ejes) | 26 |
| © Camiones        | 12 |
| C2P               | 13 |
| C2G               | 79 |
| C3                | 5  |
| C5                | 3  |

*Nota.* Composición vehicular de una vía terciaria en el sector de palmira. Fuente: Transconsult.(2013). Plan de movilidad Palmira informe de estudios de campo.



**Tabla 51**

*Promedio de temperaturas mensuales.*

| Mes                      | Ene | Feb | Mar  | Abr | May  | Jun |
|--------------------------|-----|-----|------|-----|------|-----|
| T. Mínima °C             | 19  | 20  | 19.6 | 20  | 19.8 | 19  |
| T. Promedio ° C<br>(TMM) | 27  | 27  | 27.2 | 27  | 26.9 | 26  |
| T. Máxima (7<br>días) °C | 30  | 30  | 29.8 | 29  | 29.3 | 29  |
| precipitación(mm)        | 92  | 147 | 130  | 292 | 118  | 102 |
| Días de lluvia al<br>mes | 8   | 10  | 12   | 16  | 15   | 13  |

| Mes                      | Jul | Ago  | Sep   | Oct | Nov | Dic |
|--------------------------|-----|------|-------|-----|-----|-----|
| T. Mínima °C             | 19  | 18.9 | 19.1  | 19  | 20  | 19  |
| T. Promedio ° C<br>(TMM) | 26  | 25.9 | 26.2  | 27  | 28  | 27  |
| T. Máxima (7<br>días) °C | 30  | 30.2 | 30.4  | 29  | 29  | 29  |
| precipitación(mm)        | 56  | 67.2 | 81..0 | 186 | 247 | 119 |
| Días de lluvia al<br>mes | 8   | 6    | 8     | 13  | 16  | 11  |

*Nota.* Datos de temperatura y precipitación obtenidos de la estación. Fuente: Estación meteorológica de ingenio manuelita



**Tabla 52**

*Índice y ETP mensuales.*

|                           | ENE | FEB  | MAR   | ABR  | MAY  | JUN    | JUL  | AGOS  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  |
|---------------------------|-----|------|-------|------|------|--------|------|-------|------|------|------|------|
| Índice de calor mensual   | 13  | 12.9 | 12.99 | 12.9 | 12.8 | 12.3   | 11.9 | 12.06 | 12.3 | 12.7 | 13.2 | 13.1 |
| Índice de calor anual (I) |     |      |       |      |      | 152.05 |      |       |      |      |      |      |
| a                         |     |      |       |      |      | 3.81   |      |       |      |      |      |      |
| ETP sin corregir (mm)     | 147 | 145  | 146.5 | 142  | 140  | 127    | 116  | 121.6 | 127  | 139  | 153  | 151  |
| ETP corregida (mm)        | 150 | 134  | 151.8 | 145  | 148  | 130    | 123  | 128.1 | 128  | 143  | 152  | 154  |

*Nota.* Valores del índice de calor y ETP. Fuente: Propia



**Tabla 53**

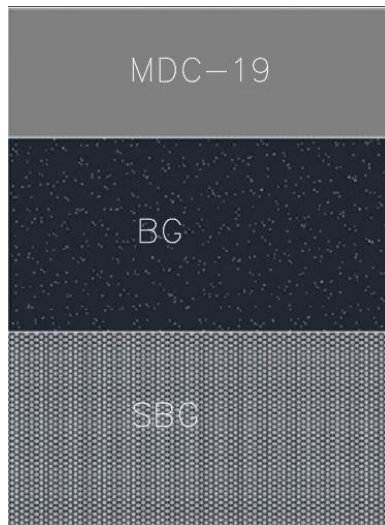
*Granulometría y característica de la subrasante*

| Tamiz                               |       | % Pasa |
|-------------------------------------|-------|--------|
| No.                                 | mm    | %      |
| 3                                   | 75    | 100    |
| 2                                   | 50    | 100    |
| 1                                   | 25    | 100    |
| 3-abr                               | 19    | 100    |
| 3-ago                               | 9.51  | 99     |
| 4                                   | 4.76  | 96     |
| 10                                  | 2     | 88     |
| 40                                  | 0.425 | 72     |
| 100                                 | 0.15  | 65     |
| 200                                 | 0.074 | 62.7   |
| Hidrometría                         | 0.005 | 13.5   |
|                                     | 0.001 | 7.5    |
| Mr (Mpa)                            | 71.77 |        |
| $\gamma_w$ (g/cm <sup>3</sup> )     | 1     |        |
| $\gamma_d$ max (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.71  |        |
| Wopt (%)                            | 12.6  |        |
| Gs                                  | 2.7   |        |
| LL (%)                              | 31    |        |
| LP (%)                              | 20    |        |

**Tabla 54**

*Estructura del pavimento.*

|                       |   |
|-----------------------|---|
| MDC-19<br>(pulgadas)  | 3 |
| BASE (pulgadas)       | 6 |
| Subbase<br>(pulgadas) | 6 |



*Nota.* Nombre de la capa, espesor de la capa. Fuente: Propia



## 8.7. Señalización

**Tabla 55**

*Ubicación de las señales de tránsito*

| Señalización | Ubicación           |
|--------------|---------------------|
| SR-01        | K0+950 (Entrada)    |
|              | K0+150(Invernadero) |
| SR-26        | K0+900              |
|              | K1+200              |
| SR-30        | K0+500              |
|              | K0+800              |
|              | K1+751              |
| SP-02        | K0+320              |
|              | K0+260              |
| SP-01        | K0+510              |
|              | K0+060              |
| SP-12/SP-13  | K0+480              |
|              | K0+322              |
|              | K0+720              |

## 8.8. Presupuesto y programación

El presupuesto y programación del presente proyecto, el cual acobija costos directos e indirectos teniendo en cuenta todos los recursos y tiempos de ejecución de los que se dispondrá para la construcción de la infraestructura vial Monte Alegre y sus estructuras complementarias, se verá reflejado en el anexo Programación y Presupuesto.

**Tabla 56**

*Presupuesto total del proyecto*





| DESCRIPCION                                 | UNIDAD | CANT. | VALOR UNITARIO    | VALOR PARCIAL       |
|---|--------|-------|-------------------|---------------------|
| <b>PERSONAL TECNICO</b>                     |        |       |                   |                     |
| Maestro de Obra                             | mes    | 11    | \$ 2,500,000.00   | \$ 27,500,000.00    |
| Topógrafo                                   | mes    | 1     | \$ 2,800,000.00   | \$ 2,800,000.00     |
| Cadenero 1 (1 SMMLV)                        | mes    | 1     | \$ 1,800,000.00   | \$ 1,800,000.00     |
|   |        |       |                   | \$ 32,100,000       |
| <b>GASTOS OPERACIONALES</b>                 |        |       |                   |                     |
| Costos Campamento de obra                   | UNIDAD | 1     | \$ 5,500,000.00   | \$ 5,500,000.00     |
| Suministro y consumos de servicios públicos | mes    | 10    | \$ 2,500,000.00   | \$ 25,000,000.00    |
| Ensayos de control de calidad (3% CD)       | GLOBAL | 1     | \$ 199,085,853.03 | \$ 199,085,853.03   |
| Papelería                                   | mes    | 4     | \$ 400,000.00     | \$ 1,600,000.00     |
| Copias/planos/fotocopias                    | GLOBAL | 1     | \$ 1,693,837.00   | \$ 1,693,837.00     |
| Registro fotográfico/videos/informes        | GLOBAL | 1     | \$ 2,400,000.00   | \$ 2,400,000.00     |
| Registro y elaboración de planos récord     | GLOBAL | 1     | \$ 2,400,000.00   | \$ 2,400,000.00     |
| Costo proporcional oficina central          | mes    | 4     | \$ 800,000.00     | \$ 3,200,000.00     |
| Gastos de administración                    | mes    | 4     | \$ 2,500,000.00   | \$ 10,000,000.00    |
| Publicaciones contrato (0.20% CD)           | GLOBAL | 1     | \$ 13,272,390.20  | \$ 13,272,390.20    |
| pólizas (6% CD)                             | GLOBAL | 1     | \$ 398,171,706.05 | \$ 398,171,706.05   |
| Costos financieros (0.63% CD)               | GLOBAL | 1     | \$ 41,808,029.14  | \$ 41,808,029.14    |
|   |        |       |                   | \$ 704,131,815.41   |
| <b>IMPUESTOS</b>                            |        |       |                   |                     |
| Retención en la fuente (2% CD)              | GLOBAL | 1     | \$ 132,723,902.02 | \$ 132,723,902.02   |
| ICA (1%CD)                                  | GLOBAL | 1     | \$ 66,361,951.01  | \$ 66,361,951.01    |
|   |        |       |                   | \$ 199,085,853.03   |
| ADMINISTRACIÓN                              | %      | 14%   |                   | \$ 929,067,314.12   |
| IMPREVISTOS                                 | %      | 4%    |                   | \$ 265,447,804.03   |
| UTILIDAD                                    | %      | 5%    |                   | \$ 331,809,755.04   |
| IVA SOBRE UTILIDAD                          | %      | 19%   |                   | \$ 63,043,853.46    |
| TOTAL, AIU                                  |        | 23%   |                   | \$ 1,589,368,726.65 |
|   |        |       | Costo Directo     | \$ 6,636,195,100.85 |
|   |        |       | Costo Total       | \$ 8,225,563,827.51 |



*Nota.* Descripción del AIU del proyecto. Fuente: Propia.

**Tabla 58**

*Descripción de la programación de obra*

| WBS      | TAREAS  | UND  | CANTIDAD<br>DIAS | RENDIMIENTO | Comienzo        | Fin             | Duración |
|----------|---|------|------------------|-------------|-----------------|-----------------|----------|
| <b>1</b> | <b>PRELIMINARES</b>                                 |      |                  |             |                 | -               |          |
| 1.1      | LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO                            | días | 3                | 1           | Mon<br>02/09/24 | Thu<br>05/09/24 | 3        |
| 1.2      | CERRAMIENTO PROVISORIAL                             | días | 3                | 1           | Thu<br>05/09/24 | Tue<br>10/09/24 | 3        |
| <b>2</b> | <b>EXPLANACIONES</b>                                |      |                  |             |                 |                 |          |
| 2.1      | DESCAPOTE VIA EXISTENTE                             | días | 8                | 1           | Wed<br>11/09/24 | Mon<br>23/09/24 | 8        |
| 2.2      | EXCAVACION MATERIAL COMUN DE LA<br>EXPLANACION      | días | 60               | 1           | Tue<br>24/09/24 | Fri<br>20/12/24 | 60       |
| 2.3      | RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL DE<br>SITIO     | días | 40               | 1           | Sat<br>23/11/24 | Fri<br>31/01/25 | 40       |
| <b>3</b> | <b>ALCANTARILLADO PLUVIAL</b>                       |      |                  |             |                 | -               |          |
| 3.1      | INSTALACIONES PLUVIALES TUBERIA H.R 36"             | días | 45               | 1           | Wed<br>25/09/24 | Mon<br>02/12/24 | 45       |
| 3.2      | AMARRE ACERO CABEZALES                              | días | 90               | 1           | Sat<br>16/11/24 | Mon<br>07/04/25 | 90       |
| <b>4</b> | <b>ALCANTARILLADO SANITARIO</b>                     |      |                  |             |                 |                 |          |
| 4.1      | INSTALACIONES SANITARIAS TUBERIA NOVAFORT<br>160 MM | días | 20               | 1           | Wed<br>02/10/24 | Thu<br>31/10/24 | 20       |
| 4.2      | FUNDICION CAMARAS DE CONEXIÓN                       | días | 20               | 1           | Fri<br>27/09/24 | Mon<br>28/10/24 | 20       |
| <b>5</b> | <b>CONSTRUCCION VIAL</b>                            |      |                  |             |                 |                 |          |
| 5.1      | RIEGO MATERIAL GRANULAR TIPO SUB BASE               | días | 20               | 1           | Wed<br>13/11/24 | Wed<br>11/12/24 | 20       |
| 5.2      | CEREO MATERIAL GRANULAR SUB BASE                    | días | 25               | 1           | Sun<br>01/12/24 | Fri<br>17/01/25 | 25       |
| 5.3      | RIEGO MATERIAL GRANULAR TIPO BASE                   | días | 25               | 1           | Fri<br>10/01/25 | Fri<br>14/02/25 | 25       |
| 5.4      | CEREO MATERIAL GRANULAR BASE                        | días | 30               | 1           | Fri<br>07/02/25 | Fri<br>21/03/25 | 30       |
| 5.5      | FUNDICION MEZCLA ASFALTICA MDC-2                    | días | 50               | 1           | Sat<br>08/02/25 | Mon<br>28/04/25 | 50       |



---

| WBS      | TAREAS                                  | UND  | CANTIDAD<br>DIAS | RENDIMIENTO | Comienzo        | Fin             | Duración |
|----------|---|------|------------------|-------------|-----------------|-----------------|----------|
| 5.6      | AMARRE ACERO CUNETAS                    | días | 90               | 1           | Tue<br>03/12/24 | Wed<br>30/04/25 | 90       |
| 5.7      | FORMALETEO BORDILLOS                    | días | 90               | 1           | Thu<br>28/11/24 | Fri<br>25/04/25 | 90       |
| 5.8      | FUNDICION BERMA CUNETA 3000 PSI TM 1/2" | días | 80               | 1           | Sat<br>30/11/24 | Mon<br>07/04/25 | 80       |
| <b>6</b> | <b>SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL</b>    |      |                  |             |                 |                 |          |
| 6.1      | SEÑALIZACION HORIZONTAL                 | días | 15               | 1           | Sat<br>03/05/25 | Fri<br>23/05/25 | 15       |
| 6.2      | SEÑALIZACION VERTICAL                   | días | 15               | 1           | Mon<br>26/05/25 | Tue<br>17/06/25 | 15       |
| 6.3      | LIMPIEZA                                | días | 15               | 1           | Wed<br>18/06/25 | Fri<br>11/07/25 | 15       |
| <b>7</b> | <b>PUESTA EN MARCHA</b>                 |      |                  |             |                 |                 |          |
| 7.1      | ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA             | días | 10               | 1           | Sat<br>12/07/25 | Fri<br>25/07/25 | 10       |

*Nota.* Descripción de la programación de obra. Fuente: Propia.

## 8.9. Planos

La información que respecta este apartado se encuentra en forma de hipervínculos que trasladan al lector a el documento respectivo de cada área de interés en el presente proyecto.

Por esto, dirigirse a la sección de Anexos en el numeral 10 Anexos.



## **9. Conclusión**

Al terminar de realizar un análisis en la localidad de Monte alegre, se identificó una falta de intervención en el mejoramiento de la vía y una condición inadecuada de drenaje. Este problema influirá en la movilidad de la comunidad en de donde se espera una gran cantidad de familias habitando y además de las actividades diarias realizadas en la zona que son limitadas por las condiciones de la vía.

Para resolver este problema en el diseño vial propuesto se consideró aspectos hidrológicos y geotécnicos para garantizar estabilidad, seguridad, y durabilidad en la infraestructura vial. Además de incluir diseños geométricos adecuados para mejorar la seguridad y la eficiencia del tráfico. También se considera el uso de los materiales apropiados y las dimensiones de los espesores adecuados para el pavimento así certificando un buen desempeño a lo largo de la vida útil.

En resumen, este proyecto de mejoramiento vial representa una oportunidad crucial para mejorar la calidad de vida de la comunidad de Monte alegre, facilitando acceso a otras vías.





## **10. Anexos**

Diseño Hidráulico

Planta Nima

Curva IDF de cuenca

Diseño De Cunetas

Verificación de perfil de flujo para alcantarilla

Planos De Drenaje Vial

Diseño Pavimento

Diseño Geométrico de Vías

Estabilización Geotécnica

Diseño De Alcantarillado Sanitario

Programación y Presupuesto



## 11. Referencias

- [1] (INVIAS), Instituto Nacional de Vias, «Manual de diseño geométrico,» 2013.
- [2] Instituto nacional de vias, «Manual de drenaje para carreteras».
- [3] A. I. Cruz, «Tabla de coeficientes de escorrentía».
- [4] Instituto nacional de vias, «Manual de diseño de pavimentos de concreto para vias con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito».
- [5] Constructora Bolívar, «Proyecto parque Dulce- Municipio de candelaria,» 2022.
- [6] Pro Mallas, «Pro Mallas,» 17 Agosto 2021. [En línea].  
Available: <https://promallascr.com/el-pasto-vetiver-en-el-control-de-la-erosion/>.



- [7] J. N. S. Pillpa, «Estabilización de taludes mediante la técnica de bioingeniería con cultivo de pastos vetiver en zonas tropicales,» Universidad Continental, Huancayo, 2019.
- [8] D. C. A, 1978.
- [9] D. & Wright, «Soil Strength and Slope Stability,» John Wiley & Sons, New Jersey, 2005.
- [10] «Transporte R&R,» [En línea]. Available: <https://www.transporteryr.com/vehiculos.html>. [Último acceso: 31 agosto 2023].
- [11] PAVCO WAVIN, «pavcowavin.com.co,» junio 2023. [En línea]. Available: <https://pavcowavin.com.co/manuales-tecnicos>. [Último acceso: junio 2024].
- [12] P. Waving, «Pavco,» [En línea]. Available: <https://pavcowavin.com.co/manuales-tecnicos>. [Último acceso: 15 03 2024].



- [13] C. y. T. Ministerio de Vivienda, *RESOLUCIÓN NÚMERO 0799*, Bogota, 2021.
- [14] c. y. t. Ministerio de vivienda, *Reglamento Técnico del sector de agua potable y sanamiento basico -RAS*, Bogota, 2016.