



Agencia Nacional de  
Infraestructura



## PROYECTO RUMICHACA - PASTO TRAMO PEDREGAL - PASTO FASE DE PRECONSTRUCCIÓN

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA  
DE APP No. 15 de 2015



**INGETEC**  
INGENIERÍA & DISEÑO

**DISEÑOS FASE III**

**UNIDAD FUNCIONAL 5:**

**TANGUA - PASTO**

**VOLUMEN II. ESTUDIO DE TRAZADO Y DISEÑO  
GEOMÉTRICO**

**DOCUMENTO N° CSH-5-DV-G-G-2000-4**

**NOVIEMBRE DE 2017**

**LISTA DE DISTRIBUCIÓN**

**DEPENDENCIA**

**No. de copias**

CLIENTE CONSORCIO SH	1
Centro de Documentación del Proyecto	1

**ÍNDICE DE MODIFICACIONES**

Revisión del documento	Sección modificada	Fecha de modificación	Observaciones
0	-	11-05-2016	Versión original
1	Todo el documento	19-07-2016	Ajustes según comunicado H MV-2887-C200-123
2	Todo el documento	17-08-2016	Ajustes según comunicado H MV-2887-C200-174
3	Capítulo 6	05-09-2016	Ajustes según comunicado H MV-2887-C200-204
4	Capítulo 6	15-11-2017	Ajustes trazado Zona Yacuanquer, Alberto Quijano y otros

**ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN**

Contrato:		004			
Título Documento:		VOLUMEN II. ESTUDIO DE TRAZADO Y DISEÑO GEOMÉTRICO			
Documento No. :		CSH-5-DV-G-G-2000-4			
<b>A P R O B A C I Ó N</b>	<b>Número de revisión</b>		0	1	2
	<b>Ingeniero Ejecutor Vo. Bo Director División Vías y Transportes</b>	Nombre	C. Avila C. Rugeles	C. Avila C. Rugeles	C. Avila I. Dussan
		Firma			
		Fecha	11-05-2016	19-07-2016	17-08-2016
	<b>Ingeniero Ejecutor Vo. Bo Director División Eléctrica</b>	Nombre	C. Villegas D. Rebolledo	C. Villegas D. Rebolledo	C. Villegas D. Rebolledo
		Firma			
		Fecha	11-05-2016	19-07-2016	17-08-2016
	<b>Vo. Bo Jefe Lote de Control Vo. Bo Jefe Lote de Trabajo</b>	Nombre	I. Dussán K. Quintana	I. Dussán K. Quintana	I. Dussán K. Quintana
		Firma			
		Fecha	11-05-2016	19-07-2016	17-08-2016
	<b>Vo. Bo Director del Proyecto</b>	Nombre	I.Dussan	I.Dussan	I.Dussan
		Firma			
		Fecha	11-05-2016	19-07-2016	17-08-2016

Contrato:		004				
Título Documento:		VOLUMEN II. ESTUDIO DE TRAZADO Y DISEÑO GEOMÉTRICO				
Documento No. :		CSH-5-DV-G-G-2000-4				
<b>A P R O B A C I Ó N</b>	<b>Número de revisión</b>		<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
	<b>Ingeniero Ejecutor Vo. Bo Director División Vías y Transportes</b>	Nombre	C. Avila I. Dussan	J. Avila I. Dussan		
		Firma				
		Fecha	05-09-2016	15-11-2017		
	<b>Ingeniero Ejecutor Vo. Bo Director División Eléctrica</b>	Nombre	C. Villegas D. Rebolledo	C. Villegas D. Rebolledo		
		Firma				
		Fecha	05-09-2016	15-11-2017		
	<b>Vo. Bo Jefe Lote de Control Vo. Bo Jefe Lote de Trabajo</b>	Nombre	I. Dussán K. Quintana	I. Dussán K. Quintana		
		Firma				
		Fecha	05-09-2016	15-11-2017		
	<b>Vo. Bo Director del Proyecto</b>	Nombre	I. Dussan	I. Dussan		
		Firma				
		Fecha	05-09-2016	15-11-2017		

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	7
2.	OBJETIVOS Y ALCANCES .....	8
2.1	OBJETIVO .....	8
2.2	ALCANCES.....	8
3.	ANTECEDENTES Y LOCALIZACION .....	9
3.1	ANTECEDENTES.....	9
3.2	LOCALIZACIÓN.....	9
4.	INFORMACIÓN GEOGRAFICA GEORREFERENCIADA .....	11
4.1	RED BÁSICA .....	11
4.1.1	Materialización .....	12
4.1.2	Georreferenciación Red Básica.....	12
4.1.3	Planificación Red Básica .....	14
4.1.4	Resultados Red Básica.....	14
4.1.5	Cálculo de Coordenadas Red Básica.....	15
4.2	RED PRIMARIA.....	17
4.2.1	Planificación Red Primaria.....	17
4.2.2	Materialización Red Primaria.....	18
4.2.3	Cálculo de Coordenadas Red Primaria .....	19
4.3	RED SECUNDARIA.....	22
4.3.1	Materialización Red Secundaria .....	23
4.3.2	Poligonales Levantamiento Convencional.....	24
4.3.3	Resultados Red Secundaria .....	25
4.3.4	Cálculo de Coordenadas .....	25
4.4	SEÑALIZACION Y DEMARCACION .....	26
4.4.1	Señalización Red Básica y Primaria.....	26
4.4.2	Señalización Red Secundaria.....	26
4.5	NIVELACION GEOMETRICA.....	27
4.5.1	Metodología de los Trabajos .....	28
A)	PROCEDIMIENTO DE CAMPO .....	28
B)	POST PROCESO .....	28
C)	CONTROL DE CALIDAD.....	29
5.	CRITERIOS DE DISEÑO.....	30

5.1	DISEÑO GEOMETRICO EN PLANTA PERFIL Y SECCIONES TRANSVERSALES .....	30
5.1.1	Velocidad de Diseño .....	30
5.1.2	Peralte Máximo .....	31
5.1.3	Rampa de Peraltes .....	31
5.1.4	Radio Mínimo de Giro .....	31
5.1.5	Curvas de Transición .....	31
5.1.6	Entretangencias .....	32
5.1.7	Pendiente Longitudinal .....	32
5.1.8	Longitud Mínima de la Curva Vertical .....	33
5.1.9	Sección Transversal .....	33
5.2	SEGURIDAD VIAL .....	38
5.3	SEÑALIZACIÓN .....	38
5.3.1	Información de Referencia .....	38
5.3.2	Señales Verticales .....	39
5.3.3	Demarcación .....	48
5.3.4	Criterios para Localización de Barreras de Contención .....	49
5.4	PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO .....	54
5.4.1	Información de Referencia .....	54
5.4.2	Planteamiento del Plan de Manejo .....	54
6.	TRAZADO TANGUA – INTERCAMBIADOR CATAMBUCO .....	55
6.1	DESCRIPCION CORREDOR TANGUA – INTERCAMBIADOR CATAMBUCO .....	55
6.2	OBRAS PRINCIPALES .....	55
6.2.1	Variante Institución Educativa Alberto Quijano (K22+800 a K24+369.14) .....	56
6.2.2	Intercambiador Sur Oriental Variante de Pasto (Catambuco) (K32+920) .....	56
6.2.3	Localización de Andenes .....	57
6.2.4	Puentes Peatonales .....	58
6.2.5	Retornos Operacionales .....	58
6.2.6	Conexión con Accesos Existentes .....	59
6.3	DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA .....	59
6.3.1	Alineamiento en Planta .....	59
6.3.2	Alineamiento en Perfil .....	61
6.4	TALUDES .....	62
6.5	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO .....	64
6.6	MUROS VIALES .....	65
6.7	FUENTES DE MATERIALES Y ZODMES .....	65
6.8	CANTIDADES OBRA CARRETERA .....	70
6.9	ANÁLISIS DE CONEXIONES VIAL YACUANQUER .....	71
6.9.1	Configuración Geométrica .....	71
6.9.2	Parámetros de Evaluación .....	72

6.9.3	Resultados de la Evaluación.....	73
6.9.4	Análisis de Trayectorias.....	74
6.10	INTERCAMBIADOR CATAMBUCO .....	74
6.10.1	Configuración Geométrica .....	76
6.10.2	Parámetros de Evaluación.....	76
6.10.3	Resultados de la Evaluación.....	77
6.11	ANALISIS DE TRAYECTORIAS RETORNOS .....	77
7.	SEGURIDAD VIAL .....	81
7.1	ANALISIS Y RESULTADOS ESTUDIOS PREVIOS .....	81
7.2	ANALISIS DE SEGURIDAD VIAL CON PROYECTO .....	82
7.2.1	Accidentalidad.....	82
7.2.2	Obras Implantación Segunda Calzada .....	83
7.2.3	Zonas Libres de Obstáculos e Implementación de Barreras de Contención .....	83
8.	DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN.....	86
8.1	SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	86
8.2	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL .....	87
8.3	DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN.....	87
8.4	RESULTADOS DEL DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN .....	87
9.	PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO .....	88
9.1	CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS OBRAS A EJECUTAR .....	88
9.2	MAQUINARIA Y EQUIPO A UTILIZAR .....	88
9.3	PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO .....	88
9.3.1	Manejo de Tránsito .....	88
9.3.1	Manejo de Tránsito por Sectores Específicos .....	89
9.3.2	Manejo de Peatones .....	94
9.3.3	Señalización.....	94
9.3.4	Especificaciones y Adecuaciones Temporales de Desvíos .....	95
9.4	DESVÍOS TIPO.....	96
9.5	INFORMACIÓN Y DIVULGACIÓN DEL PLAN.....	96
9.5.1	Volantes .....	96
9.5.2	Mensaje radial.....	96
9.6	PROCESO PARA LA PUESTA EN MARCHA.....	97
9.7	RESPONSABLE DE AJUSTES DE CAMPO.....	97
10.	SISTEMAS INTELIGENTES APLICADOS AL TRANSPORTE .....	98
10.1	POSTES S.O.S.....	98

10.2	SISTEMA DE PANEL DE MENSAJE VARIABLE.....	99
10.3	ESTACIONES DE TOMA DE DATOS.....	101
10.4	SISTEMA DE CCTV .....	102
10.5	EQUIPOS PARA CONEXIÓN AL SISTEMA DE COMUNICACIONES .....	103
10.5.1	Cajas Nema 4X.....	103
10.5.2	Fuentes de alimentación.....	103
10.5.3	Fibra óptica para instalación en ductos de “última milla”.....	103
10.5.4	Convertidores de medios.....	104
10.5.5	Distribuidores de fibra óptica .....	104
10.5.6	Fusión de fibra óptica.....	105
10.5.7	Patch cords (Fibra Óptica).....	105
10.5.8	Patch cords UTP.....	105
10.5.9	Tableros .....	106
10.6	SISTEMA DE COMUNICACIONES GENERAL .....	106
10.6.1	Materiales y estructuras para la instalación de elementos en la obra civil del sistema de comunicaciones.....	107
10.6.2	INSTALACIÓN .....	111
10.6.3	PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DEL TRITUBO .....	111
10.6.4	Fibra óptica para instalación en tritubo.....	112
10.6.5	INSTALACIÓN DE FIBRA ÓPTICA POR EL METODO PUSH/PULL.....	112
11.	CANTIDADES Y DIAGRAMAS DE MASAS .....	114
12.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	115
13.	ANEXOS .....	117

## LISTA DE TABLAS

Tabla 4.1 Variaciones centros de fase .....	13
Tabla 4.2 Coordenadas geocéntricas - ECO .....	14
Tabla 4.3 Coordenadas GPS – Red Básica.....	16
Tabla 4.4 Coordenadas GPS – red primaria.....	20
Tabla 4.5 Error de cierre circuitos de nivelación geométrica .....	29
Tabla 5.1 Valores de Parámetro A y longitud mínima de la espiral. ....	31
Tabla 5.2 Parámetros de Diseño Geométrico.....	37
Tabla 5.3 Clasificación señales verticales reglamentarias .....	40
Tabla 5.4 Clasificación señales verticales preventivas .....	40
Tabla 5.5 Clasificación señales verticales Informativas.....	42
Tabla 5.6 Dimensiones de señales verticales.....	44
Tabla 5.7 Ubicación de señales verticales preventivas .....	47
Tabla 6.1 Localización de andenes.....	57
Tabla 6.2 Localización retornos operacionales UF5.....	58
Tabla 6.3 Relación de Radios y Longitudes de Espiral Unidad Funcional 5 .....	59
Tabla 6.4 Relación de Radios y Longitudes de Espiral para los ejes auxiliares de la Unidad Funcional 5 .....	61
Tabla 6.5 Zonas con pendientes mayores a 7% UF5.....	62
Tabla 6.6 Sectorización por zonas homogéneas para los taludes – UF5 .....	62
Tabla 6.7 Estructuras de Pavimento para Calzada Nueva y Rehabilitación UF5.....	64
Tabla 6.8 Resumen Muros Viales UF5 .....	65
Tabla 6.9 Fuentes de materiales UF5.....	66
Tabla 6.10 Zonas de Disposición de Sobrantes ZODMES UF5 .....	69
Tabla 6.11 Rellenos No Estructurales UF5.....	69
Tabla 6.12 Resumen Cantidades Movimiento de Tierras UF-5.....	70
Tabla 6.13 Resumen Cantidades UF5.....	70
Tabla 6.14 Características del tránsito tramo de entrecruzamiento – Conexión Yacuanquer .....	72
Tabla 6.15 Resultados análisis de entrecruzamiento – Conexión Yacuanquer .....	73
Tabla 6.16 Características del Tránsito Rampas de Convergencia y Divergencia – Catambuco ....	77
Tabla 6.17 Resultados Análisis de Convergencia y Divergencia – Catambuco .....	77
Tabla 7.1 Causales de accidentalidad Pedregal - Pasto .....	82
Tabla 7.2 Sectores con mayor accidentalidad Pedregal - Pasto .....	82
Tabla 10.1 Sistemas inteligentes de transporte en la vía .....	98
Tabla 11.1 Porcentajes de aprovechamiento de material para la UF5.....	114

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Localización UF5.....	10
Figura 4.1 Localización general Red Básica proyecto .....	11
Figura 4.2 Elementos usados para la materialización de la red básica .....	12
Fotos 4.3 Materialización mojones red básica del proyecto .....	15
Figura 4.4 Localización Red Geodésica Básica el proyecto .....	16
Figura 4.5 Localización Red Geodésica primaria del proyecto .....	17
Figura 4.6 Ejemplo - Localización pares Geodésicos proyecto .....	18
Fotos 4.7 Materialización mojones red primaria del proyecto .....	19
Figura 4.8 Localización Red Geodésica secundaria del proyecto .....	23
Figura 4.9 Detalle red de apoyo “deltas” .....	24
Foto 4.10 Detalle red de apoyo “deltas” red secundaria .....	25
Foto 4.11 Marcación puntos GPS .....	26
Foto 4.12 Marcación mojones red primaria.....	26
Foto 4.13 Marcación puntos red secundaria .....	27
Figura 4.14 Esquema detalle nivelación geométrica .....	28
Figura 5.1 Sección transversal propuesta.....	33
Figura 5.2 Detalle Cerca Poste en Madera y Alambre de Puas .....	34
Figura 5.3 Sección Transversal Cuneta Separador Central .....	35
Figura 5.4 Sección Transversal Cunetas Laterales .....	35
Figura 5.5 Sección Transversal del Filtro Longitudinal .....	36
Figura 5.6 Sección Transversal zanja de coronación .....	36
Figura 5.7 Sección Transversal Típica.....	37
Figura 5.8 Localización lateral de señales verticales.....	46
Figura 5.9 Barreras de contención y altura de terraplén.....	50
Figura 5.10 Localización lateral de barreras de contención .....	51
Figura 5.11 Calculo Longitud de defensas metalicas .....	52
Figura 6.1 Variante Institución Educativa Alberto Quijano.....	56
Figura 6.2 Inicio Subsector 2 – Unidad Funcional 5 .....	57
Figura 6.3 Puente Peatonal K31+330 (PR76+280) .....	58
Figura 6.4 Retorno Tipo Corbatín K26+500 a K26+900 .....	59
Figura 6.5 Configuración geométrica Conexión Yacuanquer .....	72
Figura 6.6 Configuración tramos de entrecruzamiento Conexión Yacuanquer .....	72
Figura 6.7 Trayectoria de Giro Conexión Yacuanquer .....	74
Figura 6.8 Esquema intercambiador Catambuco.....	75
Figura 6.9 Configuración conexión Catambuco .....	76
Figura 6.10 Dimensiones y Trayectorias de Giro Camion 3S2 .....	78
Figura 6.11 Trayectoria de Giro Camion 3S2 Retorno 1 .....	78
Figura 6.12 Trayectoria de Giro Camion 3S2 Retorno 2 .....	79
Figura 6.13 Trayectoria de Giro Camion 3S2 Retorno 3 y 4.....	79
Figura 6.14 Trayectoria de Giro Camion 3S2 Retorno 5 y 6.....	80
Figura 6.15 Trayectoria de Giro Camion 3S2 Retorno 7 y 8.....	80

## 1. INTRODUCCIÓN

Este volumen presenta la definición y descripción de los parámetros utilizados para la elaboración de los estudios viales cuyo objeto es la duplicación de la calzada existente, mediante la construcción de una nueva segunda calzada en el tramo Tangua - entrada Urbana de Pasto correspondiente a la Unidad Funcional 5 del corredor Rumichaca - Pasto. Así mismo, el proyecto también contempla el mejoramiento de la calzada existente, adaptándola para la circulación en un solo sentido, en los tramos en que la duplicación transcurra sobre ella; esto teniendo en cuenta la topografía de la zona, zonas urbanas desarrolladas a lo largo del corredor y las especificaciones dadas dentro del Apéndice Técnico 1 del contrato, las recomendaciones incluidas en el Manual de Diseño de Carreteras versión 2008, Manual ASSHTO del 2004 y demás recomendaciones aplicables.

Este corredor vial esta concebido para una velocidad de diseño de 60Km/h, dicha velocidad fue definida por el estructurador del proyecto en las fases de ingenierías anteriores y validada por el *APENDICE TECNICO 1 DEL CONTRATO* en su Tabla 6.5 “*Características geométricas y técnicas de entrega de la unidad funcional 5 para vías a cielo abierto, puentes y viaductos*”; este criterio de velocidad de diseño para esta unidad funcional es de cumplimiento obligatorio y no contempla el criterio de velocidad de diseño que puede establecer el Manual de Diseño Geométrico de Vías del INVIAS (2008).

Al igual que la velocidad de diseño del corredor vial, la pendiente máxima de esta unidad funcional esta definida por el *APENDICE TECNICO 1 DEL CONTRATO* en su Tabla 6.5 “*Características geométricas y técnicas de entrega de la unidad funcional 5 para vías a cielo abierto, puentes y viaductos*”, y no se rige por el criterio de pendiente máxima establecida en el Manual de Diseño Geométrico de Vías del INVIAS (2008)

El presente documento pretende mostrar los parámetros mínimos, análisis de alternativas estudiadas y soluciones aplicadas en el Diseño Geométrico, Señalización, Plan de manejo de Tránsito y Sistemas Inteligentes del transporte correspondientes a la unidad funcional 5 Tangua – Pasto.

## 2. OBJETIVOS Y ALCANCES

### 2.1 OBJETIVO

Elaborar los diseños correspondientes a Trazado, Señalización, medidas de seguridad vial, control y comunicaciones que corresponden a Sistemas inteligentes aplicados al Transporte y Plan de Manejo de tránsito para la unidad funcional 5 Tangua – Intercambiador Catambuco con el correspondiente soporte para cálculo de cantidades de obra.

### 2.2 ALCANCES

- ❖ Diseño geométrico de 16.97 km de vía en segunda calzada, mejoramiento de la calzada existente en 16.97 km.
- ❖ Diseño de retornos de acuerdo con la normatividad existente y el ajuste de accesos a fincas y veredas.
- ❖ Cálculo de cantidades de la obra carretera
- ❖ Cálculo de transportes de materiales a depósito, granulares y mezclas asfálticas de la vía
- ❖ Elaboración de planos planta perfil y secciones transversales
- ❖ Elaboración del plan de seguridad vial.
- ❖ Diseño de la señalización de la vía y planos de la misma
- ❖ Elaborar el plan de Manejo de tráfico vehicular y peatonal de acuerdo con las obras a construir, identificando sitios críticos, posibles desviaciones, señalización y adecuaciones.
- ❖ Revisión y planteamiento de las medidas que garanticen la continuidad del tránsito en condiciones adecuadas de seguridad y comodidad.
- ❖ Diseño del sistema de supervisión, control y comunicaciones.

### 3. ANTECEDENTES Y LOCALIZACION

#### 3.1 ANTECEDENTES

Mediante contrato suscrito con el Ministerio de Transporte, Agencia Nacional de Infraestructura ANI, el concesionario Vial Unión del Sur S.A.S, tiene a cargo la concesión para la financiación, construcción, rehabilitación, mejoramiento, operación y mantenimiento del corredor Rumichaca – Pasto de acuerdo con el Apéndice Técnico 1 del contrato.

#### 3.2 LOCALIZACIÓN

El proyecto vial Pasto - Rumichaca pertenece al Grupo 2 Centro – Occidente del corredor 3 Santander de Quilichao-Chachagüi, el cual es concebido como el eje internacional que une Colombia con Ecuador, conectando las principales ciudades del sur de Colombia.

Esta vía tiene una longitud estimada origen – destino de ochenta y tres punto cinco kilómetros aproximadamente (83,35) y en su recorrido discurre entre las zonas Centro – Este y Centro – Sur del departamento de Nariño. El propósito fundamental del proyecto es convertir la infraestructura existente en una vía de altas especificaciones en doble calzada, mejorando las comunicaciones de todo el Suroeste del País entre Cali, Popayán, Pasto y la frontera con Ecuador; cuyo objeto es la duplicación de la calzada existente, mediante la construcción de una nueva segunda calzada. Así mismo, el proyecto también contempla el mejoramiento de la calzada existente, adaptándola para la circulación en un solo sentido, en los tramos en que la duplicación transcurra sobre ella.

En la actualidad el sector comprendido entre Tangua e Intercambiador Catambuco, correspondiente a la unidad funcional 5.1 del tramo Rumichaca – Pasto presenta tramos con pendientes longitudinales pronunciadas, radios de curvatura pequeños y escasa visibilidad en donde la velocidad de los vehículos pesados se ve sensiblemente afectada, llegando incluso a detenerse a la entrada de las curvas, lo que va en detrimento de la velocidad de la carretera y aumenta sensiblemente la inseguridad. Vease Figura 3.1.

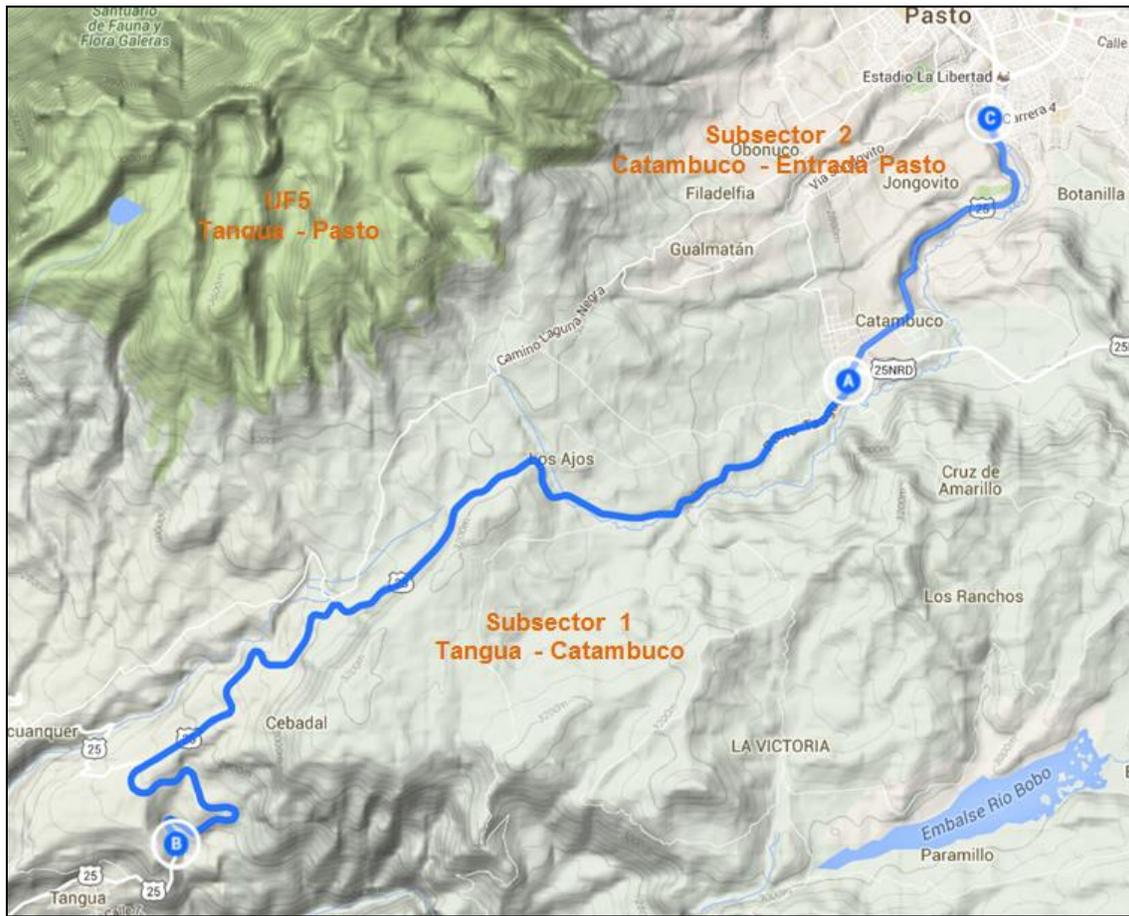


Figura 3.1 Localización UF5

El tramo comprendido entre Tangua e Interambiador Catambuco consta de una longitud aproximada de 16.97 km de vía, en donde se incluyen las siguientes obras:

- ❖ Dos calzadas en Variante en Alberto Quijano
- ❖ Operación y Mantenimiento del intercambiador Catambuco con sus lazos hasta el PR0+440 de la variante oriental de Pasto.
- ❖ Un puente peatonal en el K31+330 (PR76.3).
- ❖ Localización de andenes de acuerdo con la Tabla 5.5 del Apéndice Técnico 1. Alcance del contrato.
- ❖ Cuatro (4) retornos operacionales

#### 4. INFORMACIÓN GEOGRAFICA GEORREFERENCIADA

Una red geodésica está conformada por una sucesión de mojones distribuidos estratégicamente, con especificaciones propias para el uso y finalidad del proyecto, esta red apoya los trabajos topográficos de otras áreas, como el uso de tecnología LIDAR de alta resolución. Para el proyecto Pasto – Rumichaca se realizó la red Básica, red Primaria y red Secundaria, especificadas con detalle en cada capítulo del documento.

##### 4.1 RED BÁSICA

En la presente sección del documento se describen los procesos de trabajo para la ejecución de la materialización y georreferenciación de la red Básica de apoyo a topografía LIDAR de alta resolución y ortofoto para el proyecto denominado PASTO – RUMICHACA. Cabe resaltar que a partir de esta red se apoyaran los trabajos para la realización de la Red Primaria, la cual será explicada más adelante en otro numeral.

Para este caso, la red básica está conformada por 6 mojones, con dimensiones de 30\*30\*60 cm, fundido en concreto, con placa de aluminio en el centro. En la Figura 4.1 se presenta la localización de la red básica en el proyecto.



Figura 4.1 Localización general Red Básica proyecto

#### 4.1.1 Materialización

Materialización de mojones para 6 puntos nombrados RB del punto 1 al 4 y PR los puntos 5 y 6, denominada de esta forma por ser los puntos de partida para la densificación de la red primaria.

Los mojones son fundidos en concreto con una placa incrustada en el centro identificando el nombre del punto, las empresas consultoras, fecha y el nombre del cliente.

A continuación mediante una gráfica se representa el modelo de materialización seguido para todos los puntos:

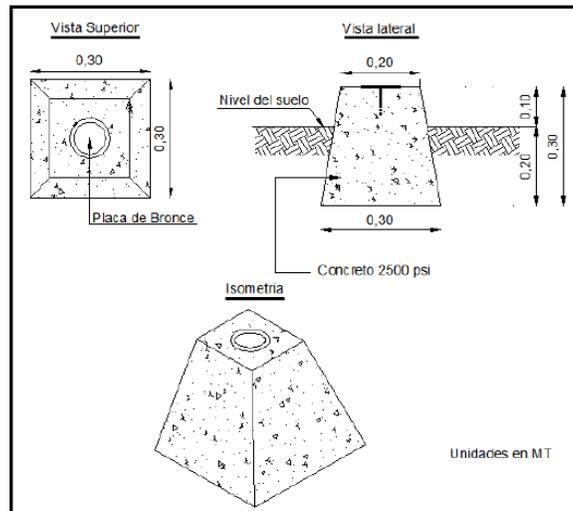


Figura 4.2 Elementos usados para la materialización de la red básica

Las dimensiones especificadas por el cliente fueron:

- ❖ 0.3 metros de ancho y largo
- ❖ 0.6 metros de profundidad
- ❖ 0.1 metros sobresaliendo sobre el nivel del suelo.

La localización de los mojones se planificó en pares geodésicos identificados con un número par e impar respectivamente, esta pareja materializada conserva una distancia mínima entre sí de 200 metros aproximadamente.

#### 4.1.2 Georreferenciación Red Básica

El procedimiento seguido en esta parte del proceso es el siguiente:

1. Observaciones o rastreo: Posicionamiento con equipos GPS del mojón materializado justo en el centro de la placa incrustada, el archivo generado por el equipo es convertido a formato RINEX, adicionalmente se completa un formato específico en campo con datos relevantes para el postprocesamiento de la información.
2. Variaciones centros de fase: Las correcciones absolutas de los centros (eléctricos) de fase de las antenas receptoras se obtienen de la calibración por la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y publicadas por la NGS (National Geodetic Survey). Así las

antenas receptoras utilizadas en el posicionamiento de los puntos pertenecen a las casas fabricantes de Trimble y Leica y las variaciones de los centros de fase cambian de un modelo de antena a otro por ejemplo:

Tabla 4.1 Variaciones centros de fase

Desplazamiento de Centro de Fase (mm)						
Equipo	L1			L2		
	Norte	Este	Vertical	Norte	Este	vertical
TRM39105.00_ZEPHYR 4 (TRIMBLE)	-0.3	0.5	55.9	-0.6	1.6	52.6
LEIAT503 (LEICA)	1.6	-0.9	60.0	1.7	0.2	86.3

3. Efemérides: Las efemérides satelitales son utilizadas para el posicionamiento diferencial es decir que el error en las coordenadas, en función de la órbita satelital, es dado por la Longitud de la Línea Base por el error de la órbita. Estas efemérides son publicadas por el IGS (International GNSS Service) y son archivos (.sp3) que proporcionan los centros de masa de los satélites, por esto hay que realizar las correcciones correspondientes para el posicionamiento diferencial.
4. Calculo: Para el proceso de cálculo se realiza teniendo en cuenta el análisis de la información obtenida en campo y su depuración que permite la preparación de los datos de las observaciones de cada punto confirmando la consistencia con la ubicación. Las observaciones de los puntos son mediciones referidos al centro de fase electrónico, es decir, la entrada de la señal en la antena receptora. El centro mecánico de la antena receptora se configura en el software de acuerdo al modo de la instalación del equipo y la toma de la altura instrumental. La configuración del software de cálculo, de acuerdo a lo anterior, debe tener en cuenta las variaciones del centro de fase electrónico, las variaciones del centro mecánico, las efemérides GNSS y la aplicación de los parámetros de correcciones por ionósfera y tropósfera para que el software de cálculo permita por medio de las Ecuaciones de Observación la relación de las Mediciones con las Incógnitas. Los parámetros de procesamiento se deben considerar de acuerdo a las líneas base y los tiempos de rastreo, por ejemplo el ángulo de elevación se debe configurar de acuerdo al GDOP de la señal que se recibe. Para el tipo de solución el software de cálculo permite la opción de configuración automático que permite resolver las ambigüedades tomando las observaciones en código y fase. La estrategia de cálculo en frecuencia siempre debe ser automática permitiendo que el retraso de la señal al atravesar la ionosfera es diferente para las frecuencias L1 y L2, se puede calcular una combinación lineal de ambas frecuencias, la cual elimina la influencia de la ionosfera. Así podemos determinar y corregir los saltos de ciclo y las diferencias de fase en términos de Resolución de ambigüedades.

### 4.1.3 Planificación Red Básica

Inicialmente se identifica la zona de materialización, de esta forma el RB01 se encuentra localizado 1.9 Kilómetros después de la población llamada San Juan en la dirección Pasto-Ipiales, este punto primario es par geodésico con el RB02 localizado 250 metros después. Con respecto al RB03, este se encuentra localizado 650 metros después de la Estación de Servicio Esso en la salida de Tangua, en dirección Pasto- Ipiales, su par geodésico es el RB04 localizado 250 metros después y por último el PR05 localizado por la vía Pedregal, 1.5 kilómetros antes de llegar a Tuquerres y su par geodésico el PR06 localizado a 300 metros.

Una vez realizada la materialización se ejecuta el posicionamiento GPS los días 18 y 21 de enero de 2016, el tiempo de observación para cada punto fue de 8 horas.

El cálculo se realizó con apoyo de las Estaciones Continuas de la Red MAGNA-SIGAS como estaciones de operación continuas son IBEC, COEC, PSTO y POPA obtenidas en formato RINEX con registros cada 1 segundo. Las coordenadas semanales de estas Estaciones Continuas (ECO) son publicadas en la página web de SIRGAS para la semana 1844 (sir15P1878.crd) que es el último resultado de las coordenadas de las ECO publicadas, Véase Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Coordenadas geocéntricas - ECO

ECO	COORDENADAS GEOCENTRICAS		
SEMANA 1878	X m	Y m	Z m
COEC	1349943.46422	-6236876.43618	79222.38260
IBEC	1313928.06390	-6243506.42856	38731.91613
POPA	1477067.47310	-6200659.08254	270141.43436
PSTO	1404951.76485	-6222655.07163	134028.75099

En el proceso de cálculo para obtener los resultados de doble determinación se debe tener en cuenta la simultaneidad en las mediciones entre los puntos móviles y las estaciones continuas como bases al momento de importar los datos crudos

### 4.1.4 Resultados Red Básica

#### 4.1.4.1 Materialización

Luego de llevar a cabo la materialización de los cuatro puntos se puede continuar con el apoyo para la red secundaria, pues se cumplen con todas las características necesarias para continuar el proceso. Ver Foto 4.3.



Fotos 4.3 Materialización mojones red básica del proyecto

#### 4.1.5 Cálculo de Coordenadas Red Básica

Una vez terminadas las rutinas de cálculo obtenemos coordenadas promediadas como producto de la doble determinación en los puntos donde hay más de una observación. Como resultados de este proceso obtenemos los valores en los Cierres GPS.

El resultado de este proceso se expresa gráficamente con los siguientes esquemas de determinación de coordenadas para cada punto y un cuadro resumen:

Tabla 4.3 Coordenadas GPS – Red Básica

PUNTO	COORDENADAS GEOGRAFICAS		ELEVACIONES		COORDENADAS PLANAS	
	LATITUD	LONGITUD	ALTURA ELIPSOIDAL	ALTURA GEOMETRICA msnm	NORTE (m)	ESTE (m)
RB01	0.87955350	-77.55839031	2596.276	2567.648	589027.051	946474.050
RB02	0.87994106	-77.5605661	2613.362	2584.731	589069.937	946231.868
RB03	1.0885311	-77.4045725	2389.501	2360.833	612133.192	963597.667
RB04	1.08775873	-77.406735	2379.924	2351.275	612047.812	963356.962
PR05	1.08453994	-77.60457980	3043.352	-	611695.004	941336.234
PR06	1.08556592	-77.60642092	3035.383	-	611808.491	941131.330

En la Figura 4.4, se presenta la localización de la red geodésica básica del proyecto.

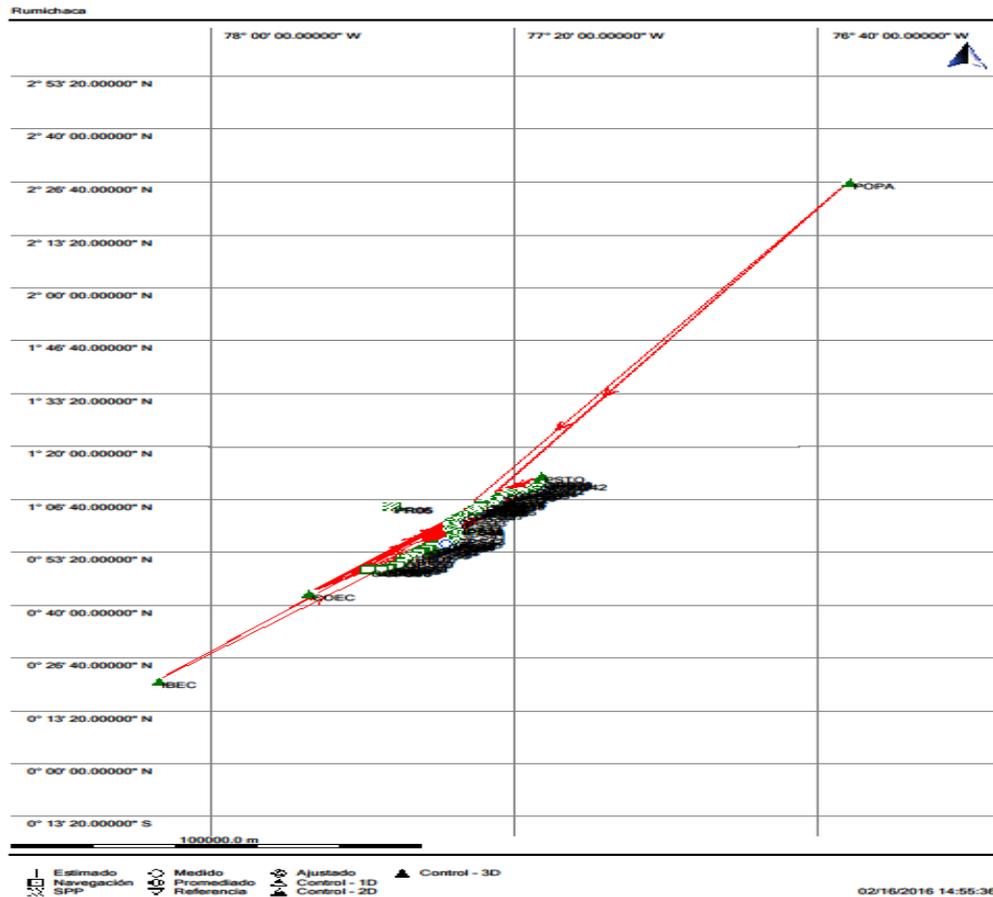


Figura 4.4 Localización Red Geodésica Básica el proyecto

## 4.2 RED PRIMARIA

Compuesta por 74 puntos geodésicos materializados y georreferenciados a partir de la Red Básica, con las mismas especificaciones de materialización, en pares geodésicos separados aproximadamente 2 kilómetros del próximo par geodésico pero con algunos cambios en la planificación para el cálculo de coordenadas. Véase Figura 4.5.

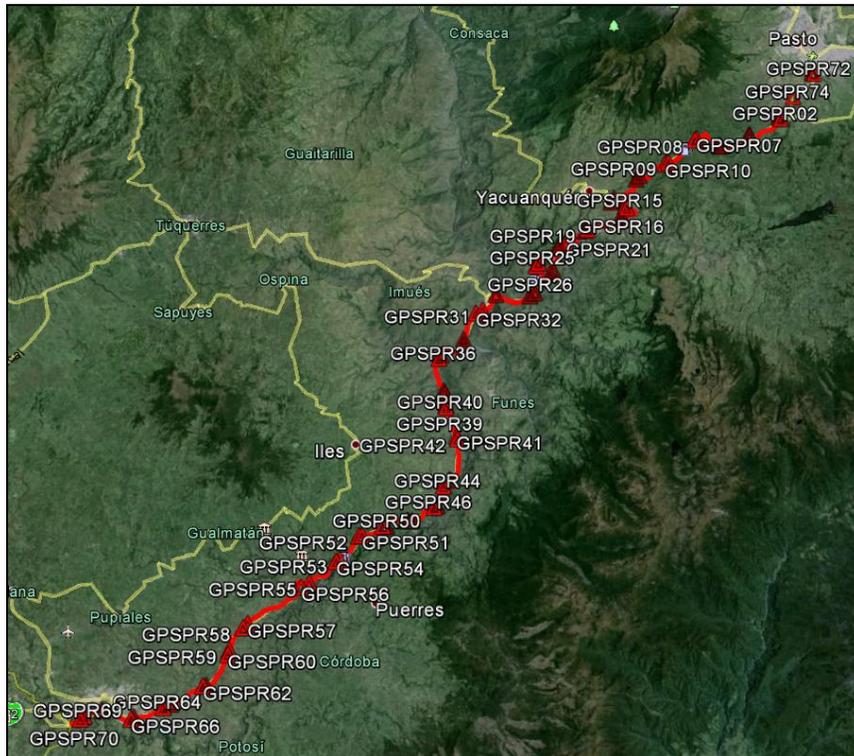


Figura 4.5 Localización Red Geodésica primaria del proyecto

### 4.2.1 Planificación Red Primaria

Los accesos y materialización de puntos inicialmente tienen unas coordenadas de diseño, tomadas bajo el principio de distribución uniforme solo el eje del proyecto, sin embargo estas coordenadas cambian cuando se materializa en campo el punto, a fin de obtener los mejores resultados, con base en este principio las características de la zona de materialización son las siguientes:

- ❖ Área despejada
- ❖ Fácil acceso hasta el lugar
- ❖ Zona con buena recepción de satélites para posicionamiento GNSS
- ❖ Inter visibilidad desde el eje principal del proyecto
- ❖ Claridad en la nomenclatura de la placa
- ❖ Perdurabilidad

Los pares geodésicos se encuentran alejados entre sí aproximadamente 2 kilómetros

El posicionamiento de los vértices se realiza entre el 21 de Enero y el 07 de Marzo de 2016 y se ejecuta en observaciones con ocupación de 1.5 horas para los puntos de la red primaria. Ver Figura 4.6



Figura 4.6 Ejemplo - Localización pares Geodésicos proyecto

El posicionamiento de los vértices se realiza entre el 21 de Enero y el 07 de Marzo de 2016 y se ejecuta en observaciones con ocupación de 1.5 horas para los puntos de la red primaria.

#### 4.2.2 Materialización Red Primaria

Se lleva a cabo la materialización de 74 mojones a lo largo de todo el trazado desde la ciudad de Pasto hasta Ipiales.

Las placas son identificadas con la inicial GPS y el consecutivo que corresponda, sin embargo todas tienen referencia a la concesión vial del sur – Agencia Nacional de Infraestructura ANI – Diciembre de 2015 – Contrato 015-2015.



Fotos 4.7 Materialización mojones red primaria del proyecto

#### 4.2.3 Cálculo de Coordenadas Red Primaria

El procesamiento del proyecto se realiza después de la valoración de las sesiones de las observaciones simultáneas de rastreo con respecto a los puntos de apoyo de las estaciones continuas (MAGNA-SIRGAS) y obtener la precisión esperada ( $\leq 6.0$  cm). El software de cálculo es comercial Leica Geo Office y se configura teniendo en cuenta los estándares, requerimientos y sugerencias técnicas para mantener la calidad general de la red local.

La información de cada uno de los puntos observados fue obtenida de las hojas de campo en donde se encuentra la nomenclatura, nombre y serial del receptor y antena, y la altura instrumental (vertical o inclinada).

El cálculo se realizó a partir de la Red Básica, dando como resultado procesamiento de segundo orden. Las coordenadas son las siguientes, véase Tabla 4.4

Tabla 4.4 Coordenadas GPS – red primaria

PUNTO	COORDENADAS GEOGRAFICAS		ELEVACIONES		COORDENADAS PLANAS	
	LATITUD	LONGITUD	ALTURA ELIPSOIDAL	ALTURA GEOMETRICA	NORTE	ESTE
GPS01	1.16165912	-77.29624147	2846.054	2817.0878	620218.269	975655.603
GPS02	1.16080163	-77.29501169	2840.355	2811.3964	620123.442	975792.468
GPS03	1.14974371	-77.31220722	3002.825	2973.8071	618900.857	973878.544
GPS04	1.15061267	-77.31261693	3003.772	2974.7389	618996.947	973832.952
GPS05	1.14292332	-77.32822398	3096.498	3067.3633	618146.838	972095.841
GPS06	1.14355742	-77.32938073	3103.177	3074.6910	618216.967	971967.103
GPS07	1.14640779	-77.34204574	3209.668	3180.6314	618532.276	970557.534
GPS08	1.14548807	-77.34291759	3208.128	3179.1029	618430.586	970460.489
GPS09	1.13257620	-77.35690289	3073.995	3044.8944	617002.989	968903.805
GPS10	1.13164318	-77.35875588	3057.933	3028.8408	616899.840	968697.559
GPS11	1.12497312	-77.37264266	2919.734	2890.8468	616162.444	967151.894
GPS12	1.12272517	-77.37426233	2903.945	2875.0924	615913.892	966971.601
GPS13	1.11148155	-77.38613187	2788.421	2759.5783	614670.751	965650.393
GPS14	1.10956332	-77.38765683	2780.658	2751.8352	614458.658	965480.641
GPS15	1.10782962	-77.37956863	2719.212	2690.3729	614266.859	966380.841
GPS16	1.10660737	-77.37880677	2718.850	2690.0141	614131.698	966465.624
GPS17	1.10234484	-77.38174859	2615.803	2586.9047	613660.397	966138.149
GPS18	1.10027894	-77.38168121	2598.050	2569.1930	613431.958	966145.626
GPS19	1.09406896	-77.39986327	2434.209	2405.4954	612745.492	964121.874
GPS20	1.09335175	-77.40110687	2421.974		612666.201	963983.451
GPS21	1.08627264	-77.41138444	2347.447	2318.8024	611883.542	962839.459
GPS22	1.08347655	-77.41536083	2317.924	2289.3686	611574.409	962396.846
GPS23	1.07047145	-77.41794165	2220.189	2191.5670	610136.381	962109.435
GPS24	1.06828953	-77.41969109	2191.444	2162.8888	609895.133	961914.692
GPS25	1.07417009	-77.42647435	2071.838	2043.2686	610545.471	961159.774
GPS26	1.07243237	-77.42766094	2029.815	2001.2186	610353.335	961027.682
GPS27	1.05801393	-77.42767793	1921.087	1892.4853	608758.991	961025.610

PUNTO	COORDENADAS GEOGRAFICAS		ELEVACIONES		COORDENADAS PLANAS	
	LATITUD	LONGITUD	ALTURA ELIPSOIDAL	ALTURA GEOMETRICA	NORTE	ESTE
GPS28	1.05613408	-77.43046586	1889.884	1861.7506	608551.159	960715.282
GPS29	1.05520159	-77.44580478	1768.726	1740.2438	608448.245	959008.002
GPS30	1.05629137	-77.44920155	1760.907	1732.3349	608568.794	958629.946
GPS31	1.04667988	-77.45617792	1797.746	1769.2472	607506.078	957853.326
GPS32	1.04507789	-77.45985059	1768.603	1740.0431	607328.983	957444.523
GPS33	1.02996835	-77.46585817	1820.130	1791.5212	605658.295	956775.653
GPS34	1.02678575	-77.46557741	1838.686	1810.1369	605306.368	956806.860
GPS35	1.02100625	-77.47787330	1828.720	1800.0938	604667.456	955438.193
GPS36	1.01896352	-77.47897231	1848.232	1819.6342	604441.591	955315.840
GPS37	1.00131120	-77.47523884	1918.400	1889.8862	602489.593	955731.155
GPS38	0.99980525	-77.47489895	1933.014	1904.3279	602323.065	955768.966
GPS39	0.99311181	-77.47406277	1964.682	1935.8457	601582.911	955861.948
GPS40	0.99172623	-77.47375059	1974.512	1945.8364	601429.693	955896.677
GPS41	0.97598185	-77.46702451	2067.859	2039.1262	599688.636	956645.123
GPS42	0.97490154	-77.46646803	2073.730	2045.0375	599569.171	956707.049
GPS43	0.95228771	-77.46994194	2187.392	2158.5625	597068.642	956320.094
GPS44	0.94876865	-77.47287536	2225.083	2196.2888	596679.551	955993.540
GPS45	0.93788087	-77.47589348	2293.790	2264.9774	595475.649	955657.464
GPS46	0.93692067	-77.47731213	2299.470	2270.6876	595369.490	955499.546
GPS47	0.92919861	-77.48859907	2363.834	2335.0898	594515.751	954243.125
GPS48	0.92927932	-77.49097908	2385.757	2357.1879	594524.706	953978.212
GPS49	0.92585273	-77.50241422	2328.290	2299.5815	594145.953	952705.345
GPS50	0.92561020	-77.50449063	2320.563	2291.6990	594119.162	952474.220
GPS51	0.92021957	-77.51523389	2348.392	2319.7088	593523.224	951278.333
GPS52	0.91988088	-77.51703809	2354.186	2325.4479	593485.797	951077.505
GPS53	0.90678687	-77.52660466	2374.102	2345.5125	592038.020	950012.483
GPS54	0.90572680	-77.52845345	2383.849	2355.1728	591920.825	949806.681
GPS55	0.89381503	-77.54231555	2417.191	2388.5486	590603.839	948263.534
GPS56	0.89124286	-77.54647155	2441.778	2413.0960	590319.471	947800.894

PUNTO	COORDENADAS GEOGRAFICAS		ELEVACIONES		COORDENADAS PLANAS	
	LATITUD	LONGITUD	ALTURA ELIPSOIDAL	ALTURA GEOMETRICA	NORTE	ESTE
GPS57	0.87072711	-77.57381975	2733.741	2705.2250	588051.265	944756.461
GPS58	0.86853222	-77.57604914	2758.192	2729.6780	587808.589	944508.273
GPS59	0.85630837	-77.58262345	2872.701	2844.1519	586456.987	943776.300
GPS60	0.85384862	-77.58300600	2888.764	2860.2618	586184.996	943733.682
GPS61	0.83729783	-77.59352765	2919.366	2890.8484	584354.982	942562.257
GPS62	0.83686417	-77.59494634	2919.377	2890.8248	584307.048	942404.334
GPS63	0.82694054	-77.61141539	2921.592		583209.946	940570.975
GPS64	0.82497371	-77.61529827	2915.659	2886.9978	582992.514	940138.732
GPS65	0.81923274	-77.63058896	2860.318	2831.5458	582357.912	938436.589
GPS66	0.81827587	-77.63215566	2864.744	2835.9544	582252.126	938262.180
GPS67	0.82213326	-77.64781790	2849.844	2820.9987	582678.921	936518.820
GPS68	0.82117037	-77.65032035	2851.397	2822.5129	582572.483	936240.248
GPS69	0.81859690	-77.65708815	2841.429	2812.5682	582288.017	935486.857
GPS70	0.81707368	-77.65882474	2830.879	2801.9460	582119.607	935293.526
GPS71	1.18908420	-77.27766469	2595.544	2566.4773	623250.655	977723.371
GPS72	1.18837067	-77.27641541	2588.934	2559.9703	623171.747	977862.405
GPS73	1.17781242	-77.28745890	2595.450	2677.8251	622004.354	976633.211
GPS74	1.17417565	-77.28827609	2708.761	2679.7110	621602.223	976542.234

#### 4.3 RED SECUNDARIA

Identificados como Deltas topográficos, corresponde a una red de densificación con especificaciones diferentes, sin embargo totalmente amarrada a la Red Básica y Primaria. En total son 427 puntos materializados (color morado) a lo largo del mismo tramo Pasto- Ipiales. Véase Figura 4.8.

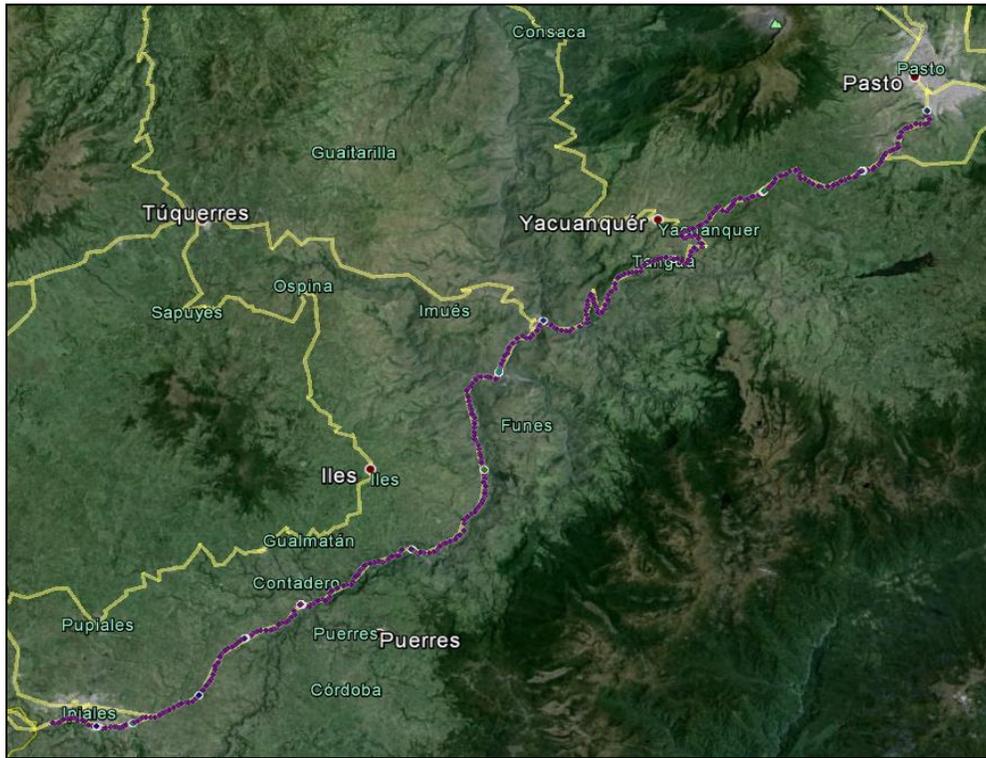


Figura 4.8 Localización Red Geodésica secundaria del proyecto

#### 4.3.1 Materialización Red Secundaria

La materialización de la red de apoyo cambia un poco con respecto a las anteriores materializaciones, en esta oportunidad se excavan 0.6 m y se inserta un tubo de PVC de 3 Pulgadas. El tubo se llena de concreto y en la parte superior se incrusta un tornillo en el centro con arandela.

Aunque las especificaciones varían y no se usa una placa de aluminio, es posible en la arandela superior realizar una marca que identifique únicamente a un punto.

A continuación se presenta el detalle de materialización para red de apoyo – Deltas, ver Figura 4.9.

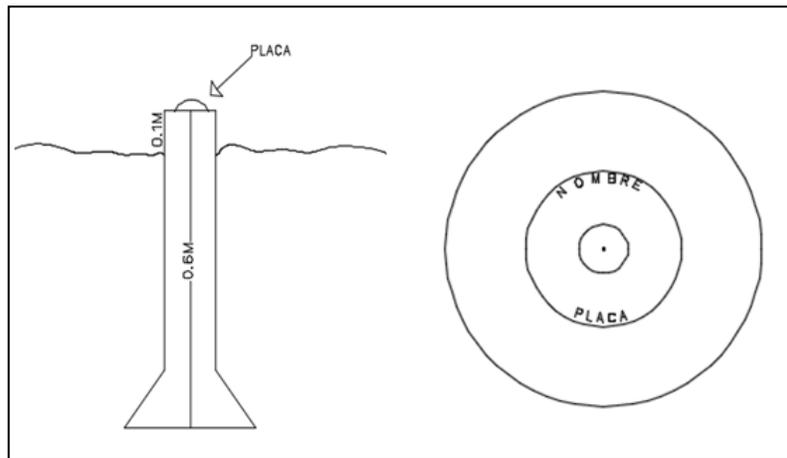


Figura 4.9 Detalle red de apoyo "deltas"

#### 4.3.2 Poligonales Levantamiento Convencional

Para esta sección de trabajo en campo ICADEL INGENIERIA dispuso de Estaciones Totales para la recolección de los datos, los cuales fueron procesados y ajustados a partir de las coordenadas de los mojones materializados de la red primaria.

Como procedimiento en el levantamiento convencional se usaron poligonales que establecerán los puntos de control y apoyo para la radiación de detalles y finalmente la elaboración de los planos, de esta forma garantizaremos el error de 1:20000 exigido para el proyecto.

La poligonal corresponderá a la sucesión de líneas quebradas a través del área o zona en un cálculo de distancias y ángulos que determinaran la posición en un sistema de coordenadas planas.

Las poligonales deberán clasificarse en cerradas o abiertas según sea el caso específico, pero siempre ajustándose al control establecido por la norma. Es necesario aclarar que antes de calcular los datos de radiación se tendrá en cuenta el cálculo y compensación de la poligonal de la siguiente manera:

- ❖ Cálculo y compensación de cierre angular
- ❖ Cálculo automático de acimut y proyecciones
- ❖ Cálculo de error de cierre lineal
- ❖ Compensación del cierre lineal
- ❖ Cálculo de las coordenadas de los vértices
- ❖ Cálculo de radiaciones

##### 4.3.2.1 Control de Poligonal

Una poligonal cerrada debe cumplir con la especificación:

$$\Sigma \text{ de ángulos internos} = (n-2)180^\circ$$

Se debe verificar que el error angular sea menor que la tolerancia angular, especificada por el trabajo a realizar con precisiones de 1:20000

Estaciones totales con lectura de 3", calibradas y certificadas para este proyecto, así como toda la herramienta menor necesaria para la buena ejecución del proyecto.

#### 4.3.3 Resultados Red Secundaria

Las placas son identificadas con la inicial D y el número de consecutivo que corresponda, sin embargo todas tienen referencia a la concesión vial del sur – Agencia Nacional de Infraestructura ANI – Diciembre de 2015 – Contrato 015-2015.

En total se materializan 427 Deltas de la siguiente forma, ver Foto 4.10



Foto 4.10 Detalle red de apoyo "deltas" red secundaria

#### 4.3.4 Cálculo de Coordenadas

Las coordenadas son ajustadas a partir del cálculo de las poligonales tomadas con Estación Total, esta densificación es realizada en su totalidad con topografía convencional.

Las coordenadas entregadas se encuentran en coordenadas planas de Gauss, Anexo 1 se encuentra el archivo con la coordenada para cada Delta.

## 4.4 SEÑALIZACION Y DEMARCAACION

### 4.4.1 Señalización Red Básica y Primaria

El subcontratista de topografía del consorcio SH “Icadel Ingeniería” como un plus al trabajo de campo decide demarcar los puntos materializados sobre la vía, para permitir al cliente directo e indirecto su rápida localización. En este proyecto se realiza demarcación con pintura vial amarilla, con la identificación de “GPS” así, ver Foto 4.11.



Foto 4.11 Marcación puntos GPS

Adicionalmente los mojones son pintados por todos los costados y su cara superior de color rojo, de nuevo para una fácil identificación, véase Foto 4.12



Foto 4.12 Marcación mojones red primaria

### 4.4.2 Señalización Red Secundaria

Icadel Ingeniería como un plus al trabajo de campo decide demarcar los puntos materializados sobre la vía aunque sean la red de apoyo, para permitir al cliente directo e indirecto su rápida localización.

En este proyecto se realiza demarcación con pintura vial color amarillo, con la identificación de un triángulo así:



Foto 4.13 Marcación puntos red secundaria

De esta forma se han materializado cerca de 427 puntos. Densificados en el corredor con distancias entre sí de 250 metros, aunque inicialmente se programa de esta manera, se ha encontrado difícil lograrlo debido a las condiciones del terreno, sin embargo las distancias siempre han sido menores a 250 metros.

#### 4.5 NIVELACION GEOMETRICA

Es el sistema empleado cuando el terreno es bastante quebrado, o las visuales resultan demasiado largas (>300 mts).

El aparato no permanece en un mismo sitio sino que se va trasladando a diversos puntos desde cada uno de los cuales se toman nivelaciones simples (directas), que van ligándose entre sí por medio de los llamados *puntos de cambio*

Se entiende por tal la determinación del desnivel existente entre dos puntos mediante visuales horizontales hacia miras o reglas graduadas, que se ubican en posición vertical sobre los puntos a nivelar. Permite la determinación directa de las alturas de diversos puntos, al medir las distancias verticales con referencia a una superficie de nivel, cuya altura ya nos es conocida de antemano. La nivelación por alturas puede ser simple o compuesta. Es "simple" cuando los puntos cuyo desnivel pretendemos tomar están próximos, y si por el contrario están alejados y es preciso tomar puntos intermedios, haciendo cambios de estación, se trata de una nivelación "compuesta". El desnivel (Dh) existente entre dos puntos 1 y 2 cualesquiera del terreno se calcula inmediatamente hallando la diferencia entre las lecturas de la mira en los mismos, esto es:

$$Dh = I1 - I2$$

Para realizar este tipo de nivelación se utilizan aparatos ópticos llamados niveles que dirigen visuales horizontales y la precisión de las mediciones efectuadas dependerá, fundamentalmente, de las características del instrumental empleado. De hecho, otros instrumentos topográficos provistos de eclímetro podrían utilizarse también como nivel, haciendo que la altura de horizonte de la visual fuese cero; pero desde el momento en que el anteojo dispone de giro, esta horizontalidad no puede lograrse con la precisión que se consigue con un nivel de anteojo o laser, porque éste descansa en un soporte o bien va unido a él. Los niveles permiten determinar, además, la distancia y los ángulos horizontales o acimutales al ser digitales.

Durante el proceso se asignan cotas que tienen como marco de referencia el nivel medio del mar a partir de la densificación de puntos dada por el instituto geográfico Agustín Codazzi. Véase Figura 4.14.

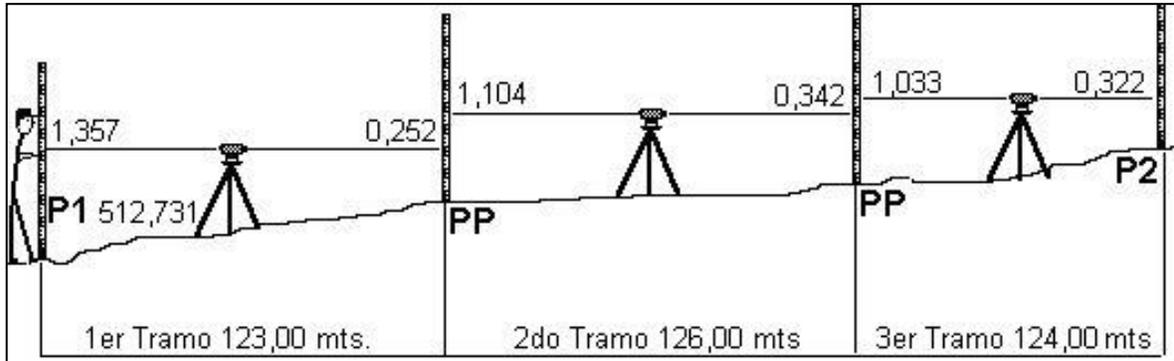


Figura 4.14 Esquema detalle nivelación geométrica

#### 4.5.1 Metodología de los Trabajos

El trabajo de nivelación fue ejecutado por dos comisiones, distribuidas por sectores según las prioridades. La manipulación de los datos se llevó de dos formas, la primera fue una cartera escrita en campo durante la ejecución del trabajo y la segunda fue una cartera digital de los puntos automáticos que guarda el nivel, la integración de ambos sistemas corrige errores y garantiza la confiabilidad de los datos.

##### 4.5.1.1 Fases de Ejecucion

A continuación se explicara el procedimiento que se siguió en la captura de los datos, el post proceso y la entrega definitiva

#### a) PROCEDIMIENTO DE CAMPO

- ❖ Los puntos de partida eran mojones de la red IGAC
- ❖ Los “cambios” fueron marcados con pintura, un ID y una puntilla en el centro
- ❖ Los “cambios” no superan los 100 metros de distancia entre ellos o entre un punto de nivelación
- ❖ Las armadas del nivel son chequeadas varias veces con el compensador
- ❖ Se procuró evitar la máxima temperatura porque dilata la burbuja del compensador
- ❖ Cada lectura tomada por el nivel laser fue anotada en un formato especial
- ❖ Las miras de adelante y atrás de armada se usaron con burbuja de nivel horizontal

#### b) POST PROCESO

- ❖ Los datos recolectados en el nivel eran descargados y organizados todos los días
- ❖ Se organizaba una cartera de cálculo con cotas geométricas
- ❖ Se chequeaba el error de cierre de cada circuito

**c) CONTROL DE CALIDAD**

Cada circuito de nivelación tiene un error propio, sin embargo el primer control de calidad de la información es verificar los errores.

Tabla 4.5 Error de cierre circuitos de nivelación geométrica

CIRCUITO DE NIVELACIÓN	DESDE	HASTA	ERROR DE CIERRE m
A	NP17NA1	IPIA	0.34
B	NP17NA1	NP24NA1	0.006
C	NP24NA1	NP42NA1	0.206
D	NP42NA1	NP45NA1	0.007
E	NP45NA1	NP47NA1	0.019
F	NP47NA1	NP50NA1	0.033
G	NP50NA1	NP51NA1	0
H	NP51NA1	NP54NA1	0.044
I	NP54NA1	NP60NA1	0.012
J	NP60NA1	NP70NA1	0.197
K	NP70NA1	NP75NA1	0.127

## 5. CRITERIOS DE DISEÑO

### 5.1 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA PERFIL Y SECCIONES TRANSVERSALES

Para la definición de parámetros de diseño de la unidad funcional 5.1 (Tangua – Intercambiador Catambuco) como criterios de diseño se partió de los especificados para la velocidad de diseño, pendiente máxima y sección transversal de la vía, definidos por el Apéndice Técnico Contrato. Los documentos que se usaron de referencia para la elaboración de los diseños fueron:

- ❖ Apéndice técnico, contrato APP N°015
- ❖ MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS, adoptado mediante Resolución No. 000744 del 4 de marzo de 2009 del INVIAS.
- ❖ Criterios para el diseño geométrico y paisajístico de la franja de aislamiento y la calzada de desaceleración establecidos en los decretos 3600 de 2007 y 4066 de 2008
- ❖ Ley 105 de 1993
- ❖ Ley 1682 de 2013, por la se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias.
- ❖ AASHTO. GEOMETRIC DESIGN OF HIGHWAYS AND STREETS. 2004

#### 5.1.1 Velocidad de Diseño

La velocidad de diseño es el parámetro más relevante para el desarrollo de los estudios de diseño geométrico vial, de ella dependen las características de la vía en su etapa de diseño y debe ser aquella que garantice seguridad y comodidad al usuario. Por tal motivo, para el corredor Pedregal – Pasto, en la unidad funcional 5 ***Tangua – entrada zona urbana de Pasto***, la cual corresponde a una vía nacional de primer orden de dos calzadas con condiciones topográficas características de un terreno montañoso, se usará una velocidad de diseño de **60 km/h**, no obstante, se evalúan las siguientes consideraciones para el subsector 2 de la unidad funcional 5 (Intercambiador Sur oriental Variante de pasto – Entrada zona urbana de pasto):

1. El alcance de intervención para el Subsector 2 de la unidad funcional 5 (Intercambiador Sur oriental Variante de pasto – Entrada zona urbana de pasto), comprendido entre el K32+700 y K37+934; de acuerdo con lo establecido en el Apéndice Técnico, Alcance de la unidades funcionales, Tabla 4.5 Unidad funcional 5 define "Rehabilitación de la carretera existente entre los PR33.0 - PR38.0".

2. Teniendo en cuenta que la ley 1682 de 2013, artículo 12 Título II define como rehabilitación "Reconstrucción de una infraestructura de transporte para devolverla al estado inicial para la cual fue construida".

3. El Manual de Diseño geométrico de carreteras Capítulo II, numeral 2.1.1 consistencia de la velocidad, permite al diseñador definir tramos homogéneos dentro de una carretera, en donde la velocidad específica de sus elementos varié hasta 20 km/h con respecto a la velocidad del tramo anterior. Esto teniendo en cuenta que la longitud mínima del tramo debe ser de cuatro (4) kilómetros para velocidades entre 60 km/h y 110 km/h, y la diferencia de velocidades entre tramos adyacentes no puede ser mayor a 20 km/h.

4. El Subsector 2 localizado entre Catambuco y la zona urbana de Pasto, presenta unas condiciones Urbanísticas ampliamente desarrolladas en donde se localizan centros educativos y de recreación, en donde el aislamiento con respecto a la carretera es reducido.

De esta forma y basados en lo anterior, el sector en mención está contemplado como un tramo homogéneo de 5.2 Km de longitud, en donde sus elementos existentes cumplen con una velocidad de 45Km/h, que por ser un tramo con excepción, permite una variación hasta de 20km/h con respecto al sub tramo 1. Con base en lo cual se proyectó el diseño de señalización y medidas de seguridad que garantizaran las condiciones de operación, evitando mayores intervenciones en una zona con un desarrollo urbanístico importante.

**5.1.2 Peralte Máximo**

De acuerdo con lo establecido dentro de la Norma se tiene un valor máximo de peralte para carreteras Primarias del **ocho por ciento (8%)**, el cual permite mantener aceptables velocidades específicas en la curva (VCH) sin incomodar a vehículos en curvas con radios mínimos.

**5.1.3 Rampa de Peraltes**

Con base a diferencia relativa entre la inclinación del eje longitudinal de la calzada y la inclinación del borde de la misma, la pendiente mínima de la rampa de peraltes es de **0.37%** teniendo en cuenta que la distancia del eje al borde del carril es de 3.65m, mientras que la máxima es de **0.60%** para la velocidad de diseño de 60 Km/h y a **0.87%**. Para la velocidad de diseño de 45 Km/h.

**5.1.4 Radio Mínimo de Giro**

En concordancia con el parámetro de Velocidad de diseño establecido y peralte máximo, se tiene un radio de giro mínimo de 113m para una velocidad de 60Km/h y 55m para una velocidad de 45Km/h.

**5.1.5 Curvas de Transición**

Teniendo en cuenta la velocidad del tramo y peralte máximo, para un radio de curvatura mínimo de 113m con peralte de 8.0% la longitud de espiral mínima es de **49 m**, siendo la envolvente de los criterios establecidos en las recomendaciones del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras según se muestra en la Tabla 5.1:

Tabla 5.1 Valores de Parámetro A y longitud mínima de la espiral.

CRITERIO N°1		CRITERIO N°2		CRITERIO N°3			
a	Le mínima	a	Le mínima	CRITERIO N°3.2		CRITERIO N°3.1	
				A	Le mínima	a	Le mínima
67,12	40	74,16	49	36,57	12	54,24	26

Este criterio toma validez en el instante en el que la curva presenta una condición crítica al tener el radio mínimo y el peralte máximo, de lo contrario se calculará la longitud de la espiral según corresponda para cada caso teniendo en cuenta que a mayor radio de curvatura, menor peralte máximo y por ende menor longitud de la curva de transición.

## 5.1.6 Entretangencias

### 5.1.6.1 Entretangencia Mínima

- ❖ Para curvas de distinto sentido: En el empleo de curvas espirales, se puede prescindir de tramos de entretangencia rectos; Al tratarse de curvas circulares se considera la distancia recorrida en un tiempo de 5 segundos (5 s) a la menor de las Velocidades Específicas ( $V_{CH}$ ) de las curvas adyacentes a la entretangencia en estudio.
- ❖ Para curvas del mismo sentido: En el diseño con curvas espirales la entretangencia no es menor a la distancia recorrida en un tiempo de 5 segundos a la Velocidad Específica de la entretangencia Horizontal ( $V_{ETH}$ ) en estudio; en el caso en que no se incorporen en el diseño curvas de transición se considera una entretangencia mínima de 15 segundos a la menor de la Velocidad Específica de la entretangencia Horizontal ( $V_{ETH}$ ).

### 5.1.6.2 Entretangencia Máxima

Se acondiciona de entretangencias suficientemente largas que permitan cumplir con la Distancia de Visibilidad de Adelantamiento ( $D_a$ ), pero en casos que se excedan estas distancias por razones propias del diseño es necesario se procura que la longitud máxima de recta no sea superior a quince veces la menor de las Velocidades Específicas ( $V_{CH}$ ) de las curvas horizontales adyacentes. Este criterio se aplica de igual forma para curvas de igual sentido como para curvas de diferente sentido.

El cumplimiento de este parámetro está restringido por el desarrollo del corredor actual en el cual se presentan situaciones por fuera de las recomendaciones del Manual en donde al darse cumplimiento a cabalidad no se aprovecharía el corredor existente como parte de la doble calzada obligando a la generación en corredor diferente con nuevas afectaciones.

Dadas las especificaciones del Contrato de Concesión y lo estipulado en el Manual de diseño de Carreteras para proyectos de construcción de segundas calzadas, se prevén condiciones particulares en donde teniendo en cuenta las condiciones topográficas del corredor existente, se diseñan tangentes de longitudes menores a las recomendaciones del manual las cuales deberán contener una adecuada señalización.

## 5.1.7 Pendiente Longitudinal

La pendiente mínima establecida por el Manual de diseño geométrico (INVIAS2008) es de **0,5%** como pendiente mínima recomendada y cero punto tres por ciento (**0,3%**) para diseño en terreno plano o sitios donde no es posible el diseño con la pendiente mínima deseada, teniendo en cuenta que se podrán proyectar pendientes menores siempre y cuando sean justificadas.

Es de aclarar que en las zonas de rehabilitación (Subsector 2 Catambuco –Pasto) y mejoramiento (Subsector 1) en donde las pendientes existentes son menores a 0,30%, y con el fin conservar el pavimento existente, se conservaron dichas pendientes dando tratamiento transversal mediante el bombeo normal de la calzada.

Con base en lo estipulado en el apéndice Técnico del Contrato se estableció una pendiente longitudinal máxima de **7,0%**, que excepcionalmente podrá ser superada siempre y cuando la longitud de aplicación de pendientes mayores no sobrepase los porcentajes estipulados dentro del Alcance del contrato, los cuales corresponden con la siguiente especificación:

- ❖ Unidad Funcional 5 Subsector 1 Tangua – intercambiador sur oriental variante de Pasto, longitud máxima de aplicación de pendientes superiores a la recomendada en el Manual de Carreteras igual a **9.76%** de la longitud total de este subsector.
- ❖ Unidad Funcional 5 Subsector 2 Intercambiador sur oriental variante de Pasto – Entrada zona urbana de Pasto longitud máxima de aplicación de pendientes superiores a la recomendada en el Manual de Carreteras igual a **8.80%** de la longitud total de este subsector.

### 5.1.8 Longitud Mínima de la Curva Vertical

Partiendo del criterio de seguridad de visibilidad de parada (K) y la velocidad descritos en el Manual de Diseño Geométrico, la longitud mínima de curva vertical para una velocidad de diseño de 60 Km/h es de 36m.

### 5.1.9 Sección Transversal

Con base en lo anterior y teniendo en cuenta lo establecido en el Apéndice Técnico del contrato, se tienen las siguientes características transversales:

Ancho de zona: De acuerdo con la Ley 1228 de 2008 la zona de exclusión corresponde a veinte (20 m) metros a lado y lado de la vía, los cuales se miden a partir del eje de cada calzada exterior, contemplándose una franja mínima de 60 m para vías de primer Orden.

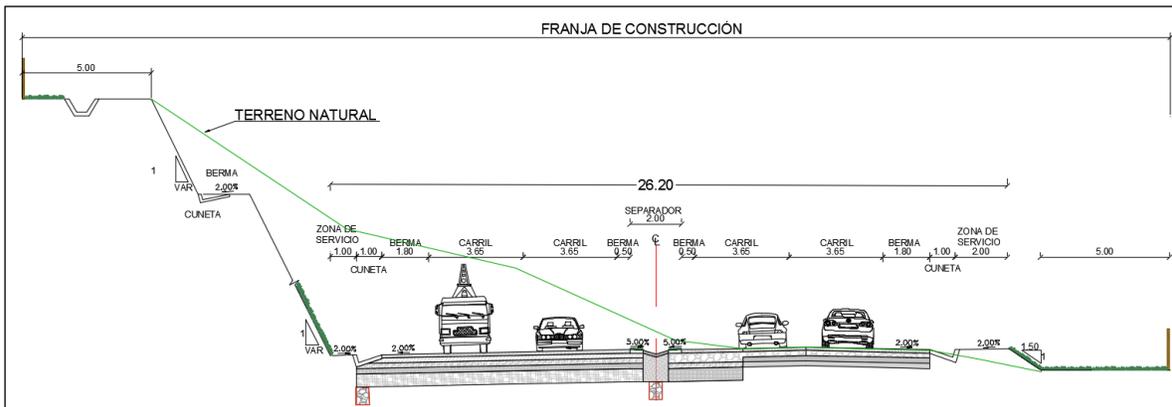


Figura 5.1 Sección transversal propuesta

El derecho de vía del proyecto o franja de retiro del corredor vial de la UF5, estará de acuerdo a lo indicado en los planos e informes del plan de adquisición de predios. Y estará delimitado por la cerca de alambre como se muestra en la siguiente figura:

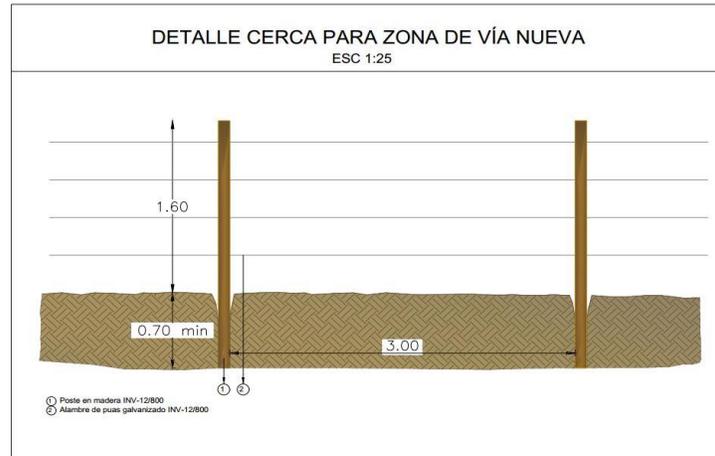


Figura 5.2 Detalle Cerca Poste en Madera y Alambre de Puas

#### 5.1.9.1 Corona

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

#### 5.1.9.2 Calzada

La calzada es la parte de la corona destinada a la circulación de los vehículos y está constituida por:

- A. Subsector 1 de la Unidad funcional 5 Tangua – Intercambiador Sur oriental variante de Pasto: De acuerdo a lo establecido en el Apéndice Técnico del contrato, se manejarán dos carriles de **3.65m** de ancho cada uno; entendiéndose por carril la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.
- B. Con base en lo estipulado dentro del Apéndice Técnico para el subsector 2 de la Unidad Funcional Tangua – Pasto se estableció una sección transversal en calzada bidireccional con carril de **3.65m**.

#### 5.1.9.3 Separador Central

El separador central provisto está conformado por una cuneta triangular, de un metro (1m) de ancho, acompañada de zonas verdes a cada costado logrando un ancho total de 2.0m.

Como se muestra en la siguiente figura:

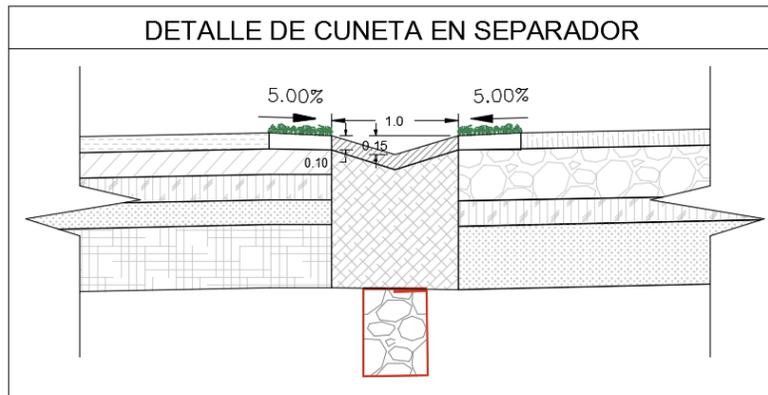


Figura 5.3 Sección Transversal Cuneta Separador Central

#### 5.1.9.4 Cuneta Lateral

Se tiene prevista la implementación de dos tipos de cuneta la primera con un ancho de 1 m y 0,2 m de altura para los sectores de ampliación y vía nueva y la cuneta tipo 2 con ancho de 0.8 m y 0,23 m de altura para las zonas en donde se tiene previsto solo el reemplazo de la cuneta existente.

A continuación se presentan las dos cunetas a emplear en el diseño del proyecto:

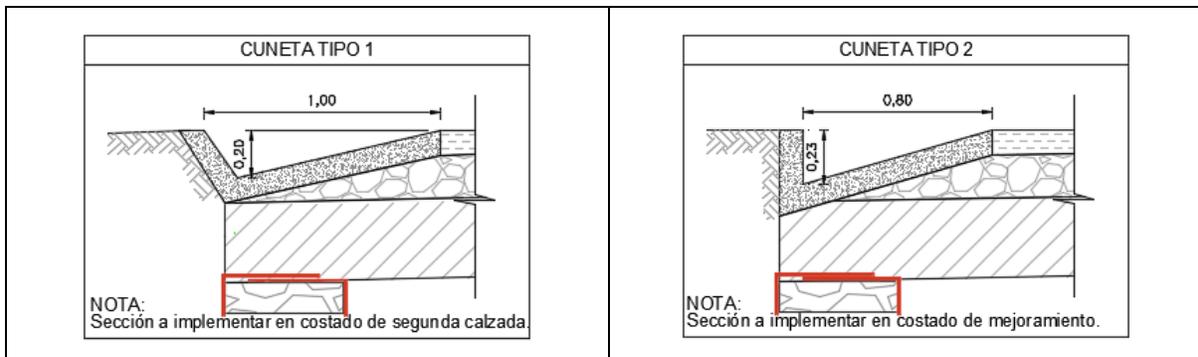


Figura 5.4 Sección Transversal Cunetas Laterales

#### 5.1.9.5 Filtro Longitudinal

El filtro longitudinal está previsto ubicarse debajo de la cuneta y exclusivamente en zonas de corte; está conformado por material filtrante revestido con un geotextil no tejido con un ancho de 50 cm y una altura de 70 cm. Como se muestra en la siguiente Figura 5.5.

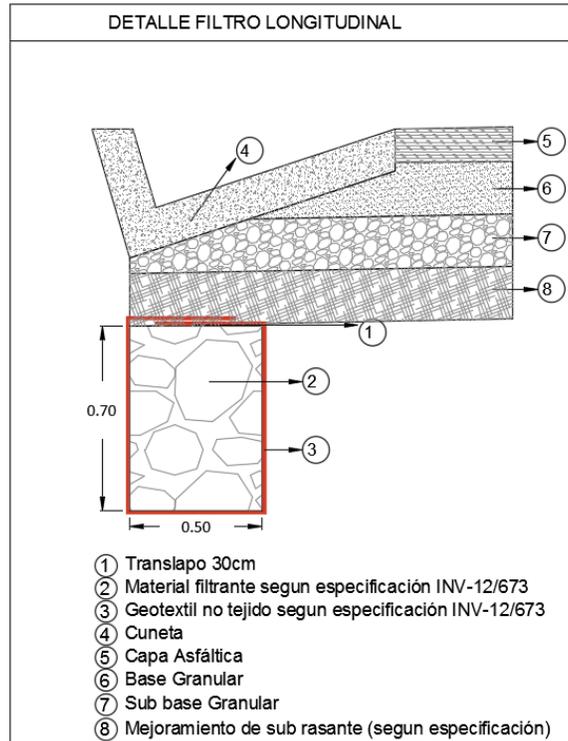


Figura 5.5 Sección Transversal del Filtro Longitudinal

5.1.9.6 Zanjas de Coronación

Se tiene prevista la implementación de zanjas de coronación en los taludes de corte como medida de manejo de las aguas. A continuación en la Figura 5.6 se presenta el esquema planteado de la zanja de coronación:

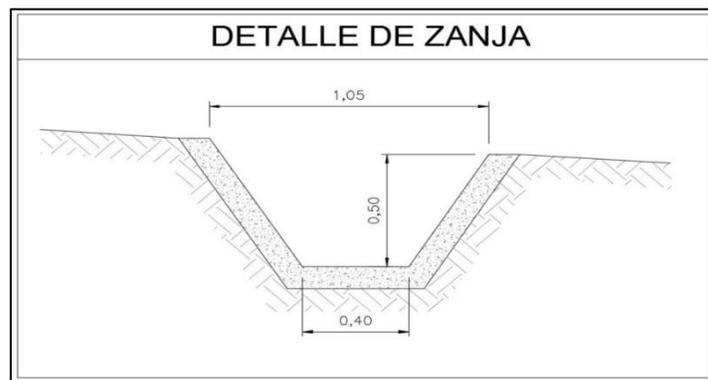


Figura 5.6 Sección Transversal zanja de coronación

### 5.1.9.7 Bermas

La berma es la faja comprendida entre el borde de la calzada y la cuneta, la cual cumple la función de proporcionar protección al pavimento, permitir detenciones ocasionales; asegurar una luz libre lateral que actúa psicológicamente sobre los conductores aumentando de este modo la capacidad de la vía, y ofrecer espacio adicional para maniobras de emergencia aumentando de este modo la seguridad. Ver Figura 5.7.

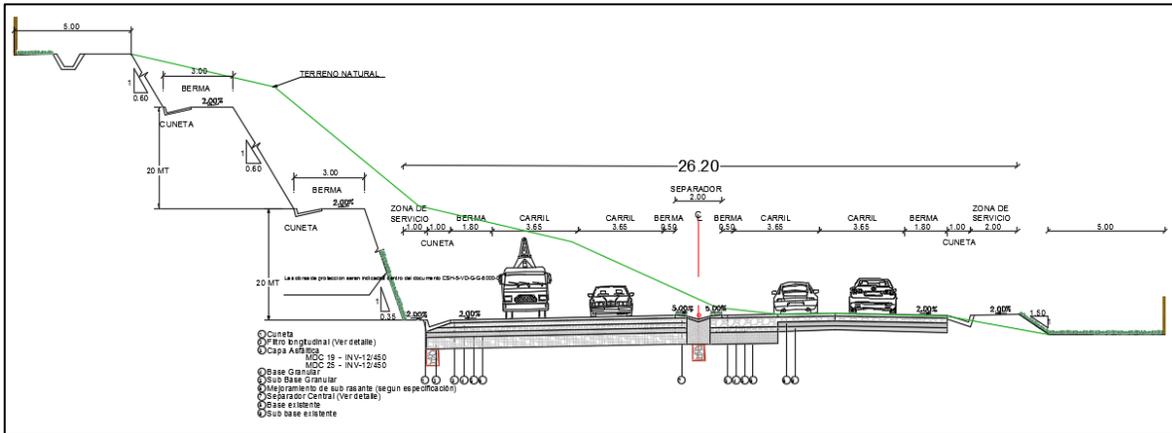


Figura 5.7 Sección Transversal Típica

Para el sector Pedregal Pasto, de acuerdo con la normatividad vigente y el Apéndice Técnico del Contrato se estableció un ancho de berma externa igual a **1.8 m** e interna de **0.5 m** en los sectores de doble calzada.

En la Tabla 5.2 se presenta el resumen de parámetros aplicables al diseño del corredor vial y que fueron extraídos del Apéndice Técnico 1 del contrato.

Tabla 5.2 Parámetros de Diseño Geométrico

Parámetro	Unidad Funcional 5	
	Subsector 1 Tangua - Intercambiador sur oriental variante de Pasto	Subsector 2 Intercambiador sur oriental variante de Pasto - Entrada zona urbana Pasto
Velocidad de Diseño	60 km/h	60 km/h (*)
Vehículo de diseño	C3S2	C3S2
Radio mínimo de curvatura	113 m	55 m
Peralte máximo	8%	8%
Pendiente relativa de la rampa de peraltes	0,60%	0,87%
Longitud mínima de la espiral	49m	37m
Pendiente Longitudinal máxima	7%	7%
Pendiente Longitudinal mínima	0.3%	0.3%
Porcentaje de longitud del tramo con excepción a la pendiente máxima	9,76%	8,80%
Longitud mínima de la curva vertical	36m	36m
Número de Carriles por calzada	2	1
Ancho de Carril	3,65m	3,65m
Longitud del carril de aceleración (30 Km/h a 60Km/h)	105	NA
Longitud del carril de desaceleración (60 Km/h a 30Km/h)	70	NA

(\*) Corresponde a la velocidad de diseño, no obstante el subsector 2 corresponde a un tramo homogéneo con excepción.

## 5.2 SEGURIDAD VIAL

Estudios previos realizados en el año 2013 involucraron la ejecución de Auditorias de Seguridad Vial a los corredores pertenecientes al Grupo 2 Centro Oriente, dentro de los cuales se encuentra incluidos la vía Rumichaca – Pasto.

En estos estudios se analizaron las características y estado de la vía, en condicionantes climatológicos, en datos y estadísticas de accidentalidad, en estudios de tránsito, y en el análisis de la información de campo recopilada. Como resultado de esos estudios se identificaron sitios críticos desde el punto de vista de la seguridad vial; y se plantearon medidas para mejorar la seguridad vial, teniendo en cuenta el Manual de Diseño Geométrico y al Manual de Señalización Vial.

Teniendo en cuenta lo anterior en el Capítulo 7 Seguridad Vial del presente documento se analiza y complementan las medidas planteadas en los estudios previos con el fin de verificar la mitigación de los elementos que afectan la seguridad vial en el proyecto.

## 5.3 SEÑALIZACIÓN

### 5.3.1 Información de Referencia

A continuación se relaciona la información y documentos de referencia que serán utilizados para el Diseño de Señalización.

- ❖ Resolución 0001885 del 15 de junio de 2015, Manual de Señalización Vial – Dispositivo para la Regulación del Tránsito en Calles, Carreteras y Ciclorrutas de Colombia del Ministerio de Transporte.
- ❖ Resolución No 001384 de abril 20 de 2010. Metodologías de Trabajo para la Señalización de Velocidad y Zonas de Adelantamiento en la Red Nacional de Carretera
- ❖ Planos de Rutas Viales del Instituto Nacional de Vías, según aplique.
- ❖ Con relación a la adopción de los criterios de localización de Defensas Metálicas se consultó el Manual de Señalización Vial, Dispositivos para la Regulación del Tránsito en Calles, Carreteras y Ciclorrutas de Colombia – 0001885 del 15 de Junio de 2015 y la Especificaciones Generales de construcción – Artículo 730-12 “Defensas Metálicas” y el Artículo 731-12 “Defensas en Concreto”, no obstante en ninguno de los dos documentos se define un criterio en cuanto a los sitios de la vía, en los cuales se requieren barreras de seguridad.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizaron consultas a Guías Técnicas realizadas en Colombia sobre este aspecto y a Normatividad aplicable de otros países, para definir un criterio, según las condiciones de Colombia. La información y documentos de referencia que fueron consultados y que se utilizaran son los siguientes:

- ❖ Roadside Design Guide. American Association of State Highway and Transportation Officials. 2006.
- ❖ Guía Técnica para el Diseño, Aplicación y Uso de Sistemas de Contención Vehicular. República de Colombia Corporación Fondo de Prevención Vial. Septiembre 2012.
- ❖ Guía Técnica para el Diseño de las Zonas Laterales, para Vías más Seguras. República de Colombia Corporación Fondo de Prevención Vial. Septiembre 2012.
- ❖ Manual de Carreteras. Vol. 6 Seguridad Vial. Cap. 6.500 Sistemas de contención Vial. Dirección de Viabilidad – Dirección General de Obras Públicas – Ministerio de Obras Públicas Chile.
- ❖ Planos del diseño geométrico de la vía

La señalización vial se plantea teniendo en cuenta que debe ser necesaria, debe ser visible y llamar la atención, debe ser legible y fácil entendimiento, debe dar tiempo suficiente al actor del tránsito para responder adecuadamente, debe infundir respeto y debe ser creíble.

De acuerdo con lo anterior la señalización debe satisfacer determinadas condiciones respecto a diseño, instalación, conservación y mantenimiento, uniformidad, justificación, simbología, prohibición de señalización comercial y publicitaria y remoción de dispositivos no necesarios.

### 5.3.2 Señales Verticales<sup>1</sup>

Las señales verticales son dispositivos instalados a nivel de la vía o sobre ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de reglamentar las limitaciones,

<sup>1</sup> Según lo indicado Resolución 0001885 del 15 de Junio de 2015

prohibiciones o restricciones, advertir de peligros, informar acerca de rutas, direcciones, destinos y sitios de interés. Son esenciales en lugares donde existen regulaciones especiales, permanentes o temporales, y en aquellos donde los peligros no son de por sí evidentes.

De acuerdo con la función que desempeñan, a continuación se presenta la clasificación de las señales verticales.

### 5.3.2.1 Señales Reglamentarias

Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su transgresión constituye infracción a las normas del tránsito.

Son de forma es circular y sólo se acepta inscribir la señal misma en un rectángulo cuando lleva una leyenda adicional. Se exceptúan las señales PARE SR-01, CEDA EL PASO SR-02, SENTIDO UNICO DE CIRCULACIÓN SR-38 Y SENTIDO DE CIRCULACIÓN DOBLE SR-39. Sus colores son blanco, rojo y negro.

De acuerdo con su función estas señales se clasifican como se muestra en la siguiente Tabla 5.3.

Tabla 5.3 Clasificación señales verticales reglamentarias

Clasificación		Señales							
Prioridad		SR-01	SR-02						
Prohibición	Maniobras y giros	SR-04	SR-06	SR-08	SR-10	SR-14	SR-14A	SR-26	SR-50
	Paso clase de vehículos	SR-16	SR-18	SR-21	SR-22	SR-23	SR-24	SR-25	SR-51
	Otras	SR-52	SR-53	SR-54					
Restricción		SR-20	SR-28	SR-28A	SR-29	SR-41	SR-43	SR-47	
		SR-11	SR-12	SR-13	SR-30	SR-30A	SR-30B	SR-31	SR-32
Obligación		SR-33	SR-48						
		SR-03	SR-05	SR-07	SR-09	SR-17	SR-19	SR-35	SR-36
Autorización		SR-38	SR-39	SR-44	SR-45	SR-46	SR-49		
		SR-34	SR-40	SR-42					

Fuente: Manual de Señalización Vial – 2015

### 5.3.2.2 Señales Preventivas

Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Estas señales suelen denominarse también Advertencia de Peligro.

Son de forma de rombo con la excepción del PASO A NIVEL, DELINEADOR DIRECCIONAL SP-75. Los símbolos y leyenda son negros y los colores son amarillo o amarillo-verde-fluorescente y negro con las excepciones de las señales PREVENCIÓN DE PARE SP-29 Y PREVENCIÓN DE CEDA EL PASO SP-33.

De acuerdo con su función estas señales se clasifican como se muestra en la siguiente Tabla 5.4.

Tabla 5.4 Clasificación señales verticales preventivas

Clasificación	Señales							
Geometría de la Vía	SP-01	SP-02	SP-03	SP-04	SP-05	SP-06	SP-07	SP-08

Clasificación	Señales							
	SP-09	SP-10	SP-69	SP-70	SP-75	SP-27	SP-27A	
Superficie de Rodadura	SP-24	SP-25	SP-25A	SP-26	SP-57			
Restricciones Física	SP-28	SP-30	SP-31	SP-32	SP-34	SP-35	SP-36	SP-38
	SP-50	SP-51						
Intersecciones	SP-11	SP-12	SP-13	SP-14	SP-15	SP-16	SP-17	SP-18
	SP-19	SP-20	SP-21	SP-22	SP-52	SP-52A	SP-53	SP-54
Operativas de la Vía	SP-23	SP-29	SP-33	SP-39	SP-41	SP-43	SP-45	SP-46
	SP-46A	SP-46B	SP-47	SP-47A	SP-47B	SP-48	SP-49	SP-55
	SP-55A	SP-56	SP-56A	SP-59	SP-59A	SP-59B	SP-68	
Situaciones Especiales	SP-37	SP-42	SP-44	SP-67	SP-71	SP-72	SP-73	SP-74

Fuente: Manual de Señalización Vial - 2015

### 5.3.2.3 Señales Informativas

Tienen como propósito guiar a los usuarios y entregarles la información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible. También informan acerca de distancias a ciudades y localidades, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, servicios al usuario, entre otros.

Son de forma rectangular o cuadradas. Cuando son rectangulares, su lado mayor puede colocarse tanto horizontal como verticalmente. Se exceptúan de dichas formas las señales que indican la numeración de rutas y la de SALIDA INMEDIATA cuando ésta se usa en forma de flecha. Los colores son de fondo azul o verde, y excepcionalmente marrón cuando se trata de señales turísticas.

De acuerdo con su función estas señales se clasifican como se muestra en la siguiente Tabla 5.5.

Tabla 5.5 Clasificación señales verticales Informativas

Clasificación		Señales								
Guía al Usuario al destino	Pre señalización									
	Dirección									
	Confirmación									
	Identificación Vial	SI-01	SI-01A	SI-02	SI-03					
	Localización									
	Postes de Referencia	SI-04								
Información de Interés	Servicios Generales	SI-07	SI-07A	SI-08	SI-09	SI-10	SI-11	SI-12	SI-14	
		SI-15	SI-16	SI-17	SI-18	SI-19	SI-20	SI-21	SI-22	
		SI-23	SI-25	SI-25A	SI-27	SI-29	SI-30	SI-31	SI-32	
		SI-33	SI-34							
	Interés Turístico									
	Información de destino									
	Identificación y localización	ST-01	ST-02	ST-03	ST-04	ST-05	ST-06	ST-07	ST-08	
		ST-09	ST-10	ST-11	ST-12	ST-13	ST-14	ST-15	ST-16	
		ST-17	ST-18	ST-19	ST-20	ST-21	ST-22	ST-23	ST-24	
		ST-25	ST-26	ST-27	ST-28	ST-29	ST-30			
	Referencia Localización									
Otras										

Fuente: Manual de Señalización Vial - 2015

### 5.3.2.4 Señales Transitorias

Modifican transitoriamente el régimen normal de utilización de la vía. Pueden ser estáticas o dinámicas, indicando mensajes reglamentarios, preventivos o informativos. Ambas se caracterizan por entregar mensajes que tienen aplicación acotada en el tiempo, siendo las segundas –también denominadas señales de mensaje variable– capaces de entregarlo en tiempo real.

### 5.3.2.5 Tamaño de Señales Verticales

El tamaño se determina en función de la velocidad máxima permitida, ya que ésta identifica las distancias mínimas a las que la señal debe ser vista y leída. Las dimensiones mínimas de cada señal reglamentaria e informativa a nivel y preventiva se definen en el manual según los siguientes cuatro rangos de velocidades máximas:

- ❖ Menor o igual a 50 km/h

- ❖ 60 ó 70 km/h
- ❖ 80 ó 90 km/h
- ❖ Mayor a 90 km/h

No obstante, cuando se requiera mejorar la visibilidad de una señal, las dimensiones mínimas indicadas pueden ser aumentadas, siempre y cuando se mantenga la proporción entre todos sus elementos.

Las dimensiones de los tableros de las señales verticales se relacionan en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6 Dimensiones de señales verticales

Tipo de Señales / Clasificación		Forma	Dimensiones de señales			
			Menor o igual a 50 km/h (cm)	60 ó 70 km/h (cm)	80 ó 90 km/h (cm)	Mayor a 90 km/h (cm)
<b>Señales Reglamentarias</b>						
Prioridad	SR-01	Triangulo	60	75	90	Nota (1)
	SR-02	Circulo	79	90	120	
Prohibición	Maniobras y giros / Paso clase de vehículos/ Otras	Circulo	60	75	90	120
Restricción	Todas excepto SR-48	Circulo	60	75	90	120
	SR-48	Rectángulo	90 X 60	112.5 X 75	135 X 90	180 X 120
Obligación	Todas excepto SR-38, SR-39 Y SR-49	Circulo	60	75	90	120
	SR-38 y SR-39	Rectángulo	25 X 75	30 X 90	Nota (1)	
	SR-49	Rectángulo	99 X 60	198 X 75	149 X 90	198 X 120
Autorización		Circulo	60	75	90	120
<b>Señales Preventivas</b>						
Geometría de la Vía	Todas excepto SP-75	Rombo	60	75	90	120
	SP-75	Rectángulo	45 X 30	50 X 40	75 X 60	75 X 60
Superficie de Rodadura		Rombo	60	75	90	Nota (1)
Restricciones Físicas		Rombo	60	75	90	120
Intersecciones	Todas excepto SP-54	Rombo	60	75	90	120
	SP-54	Rectángulo	25 X 170	25 X 170	25 X 170	Nota (1)
Operativas de la Vía	Todas excepto SP-47	Rombo	60	75	90	Nota (1)
	SP-47	Pentágono	75 x 33.8 x 55	Nota (1)		
Situaciones Especiales		Rombo	60	75	90	120
Placa adicional		Rectángulo	30 x 81.5	40 x 101.9	50 x 122.2	60x163.1
<b>Señales Informativas.</b>						
Guía al Usuario al destino	Pre señalización / Dirección / Confirmación / Localización	Rectángulo	Ancho y Altura dependen del texto y tamaño de letra definido según la velocidad			

Tipo de Señales / Clasificación		Forma	Dimensiones de señales				
			Menor o igual a 50 km/h (cm)	60 ó 70 km/h (cm)	80 ó 90 km/h (cm)	Mayor a 90 km/h (cm)	
Identificación Vial		Escudo	60 x 60	75 x 75	90 x 90	120 x 120	
Postes de Referencia		Rectángulo	Ancho 45 CM, Altura dependen del texto				
Información de Interés	Servicios Generales	Excepto SI-27	Cuadrado	60 x 60	75 x 75	90 x 90	120 x 120
		SI-27	Rectángulo	Ancho y Altura dependen del texto y tamaño de letra definido según la velocidad			
	Interés Turístico	Información de destino	Flecha / Rectángulo	Ancho y Altura dependen del texto y tamaño de letra definido según la velocidad			
		Identificación y localización	Cuadrado	60 x 60	75 x 75	90 x 90	120 x 120
Referencia Localización / Señales para autopistas y carreteras		Rectángulo	Ancho y Altura dependen del texto y tamaño de letra definido según la velocidad				
<b>Señalización en zona de Túneles</b>							
Salida de emergencia, nichos		Cuadrado	75 x 75	75 x 75	75 x 75	75 x 75	
Ruta de escape		Flecha	40 x 80	40 x 80	40 x 80	40 x 80	
sistemas de radio		Rectángulo	72 x 60	90 x 75	108 x 90	144 x 120	

Fuente: Manual de Señalización Vial - 2015

### 5.3.2.6 Ubicación de Señales Verticales

Se seguirá lo indicado en el Manual de Señalización Vial, el cual establece que para que las señales puedan ser percibidas por los conductores es preciso que éstas se ubiquen dentro de su cono de atención, esto es, dentro de 10° respecto de su eje visual, evitando instalarlas alejadas de la calzada, demasiado elevadas o muy abajo respecto del nivel de ésta.

Los postes y demás elementos estructurales de las señales pueden representar un peligro para los usuarios que eventualmente los impacten. Por ello, teniendo presente la ubicación de las señales dentro del cono de atención, es conveniente situarlas alejadas del borde de calzada, disminuyendo así las probabilidades de que sus soportes sean embestidos por vehículos. En la Figura 5.8 se muestran las distancias laterales mínimas recomendadas por el Manual.

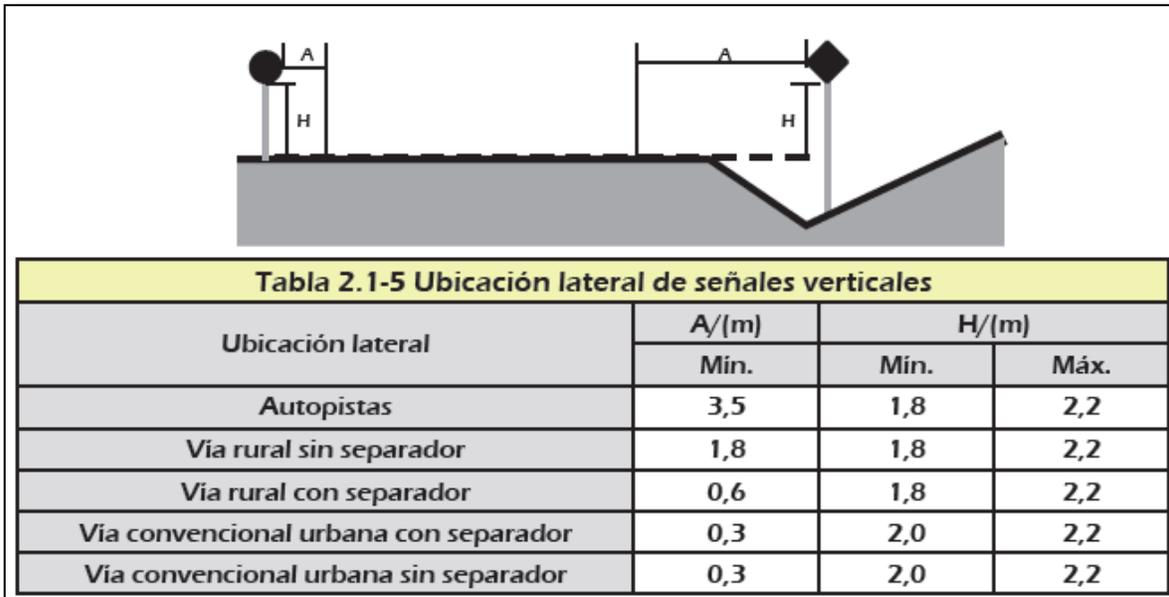


Figura 5.8 Localización lateral de señales verticales

Fuente: Manual de Señalización Vial - 2015

### 5.3.2.7 Ubicación Longitudinal de Señales Verticales

Su ubicación longitudinal de las señales depende de la velocidad máxima permitida en la vía clase de señal vertical.

#### ❖ Señales Reglamentarias

Deben ser colocadas en el lugar donde se requiera establecer la regulación, y si las condiciones del tránsito o de la vía lo hacen necesario, pueden ser repetidas al costado izquierdo, a fin de garantizar su observación y respeto.

❖ **Señales Preventivas**

Deben ubicarse con la debida anticipación del sitio del riesgo a prevenir. La distancia desde la señal preventiva al peligro que ésta advierte debe ser en función de la velocidad límite o la del percentil 85, de las características de la vía, de la complejidad de la maniobra a efectuar y del cambio de velocidad requerido para realizar la maniobra con seguridad.

En al siguiente Tabla 5.7 se muestra la Guía para la ubicación de las Señales Preventivas presentada por el Manual de Señalización.

Tabla 5.7 Ubicación de señales verticales preventivas

Tabla 2.3-1 Guía para ubicación de señales de prevención									
Limite actual o velocidad 85% (km/h)	Distancia de adelantamiento <sup>1</sup>								
	Condición A: Reducción de velocidad y cambio de carril con alto volumen de tránsito <sup>2</sup>	Condición B: Velocidad máxima segura de la situación señalizada							
		0 <sup>3</sup>	20 <sup>4</sup>	30 <sup>4</sup>	50	60 <sup>4</sup>	80 <sup>4</sup>	100 <sup>4</sup>	110 <sup>4</sup>
30	70 m	30 m <sup>6</sup>	N/A <sup>5</sup>	—	—	—	—	—	—
40	100 m	30 m <sup>6</sup>	N/A <sup>5</sup>	N/A <sup>5</sup>	—	—	—	—	—
50	140 m	30 m <sup>6</sup>	N/A <sup>5</sup>	N/A <sup>5</sup>	—	—	—	—	—
60	200 m	35 m	30 m <sup>6</sup>	30 m <sup>6</sup>	N/A <sup>5</sup>	—	—	—	—
70	235 m	50 m	40 m	30 m <sup>6</sup>	30 m <sup>6</sup>	N/A <sup>5</sup>	—	—	—
80	270 m	75 m	60 m	50 m	35 m	30 m <sup>6</sup>	—	—	—
90	300 m	100 m	80 m	70 m	60 m	35 m	N/A <sup>5</sup>	—	—
100	365 m	145 m	135 m	120 m	105 m	80 m	60 m	30 m <sup>6</sup>	—
110	380 m	170 m	160 m	150 m	135 m	114 m	80 m	45 m	—

<sup>1</sup> En la condición A las distancias son ajustadas para una distancia de lectura de 55 m. Las distancias para la Condición B han sido ajustadas para una distancia de legibilidad de 80 m, lo que resulta apropiado para una señal de prevención. Para las condiciones A y B, tratándose de señales de advertencia con más de cuatro palabras o con letras de altura menor a 15 cm, se debe agregar 30 m a la distancia recomendada.

<sup>2</sup> Se trata de situaciones complejas donde un conductor requiere de un tiempo adicional para ajustar la velocidad y cambiar de carriles en un tránsito de alto volumen. Señales típicas de estos casos son las de Convergencia y Fin de Carril Derecho. Estas distancias consideran para el conductor un tiempo de reacción de 14,0 a 14,5 segundos para maniobrar (2005 AASHTO Policy, Exhibit 3-3, Decision Sight Distance, AvoidanceManeuver) menos la distancia de legibilidad de 55 metros, normal para una señal preventiva.

<sup>3</sup> Se refiere a una señal preventiva que puede requerir la detención del vehículo, como son los casos de la Advertencia de PARE, CEDA EL PASO, SEMÁFORO e intersecciones. Las distancias que se recomiendan se basan en el 2005 AASHTO Policy, Exhibit 3-1, Distancia de Detención, y consideran un T-PR de 2,5 segundos, una desaceleración de 3 m/s<sup>2</sup>, menos la distancia de legibilidad de 55 m.

<sup>4</sup> Condiciones típicas son aquellas en las que el conductor debería reducir su velocidad para maniobrar con seguridad por la situación prevenida. La distancia ha sido determinada utilizando un TP-R de 2,5 segundos, una desaceleración de 3 m/s<sup>2</sup>, menos la distancia de legibilidad de 55 m.

<sup>5</sup> No se sugieren distancias para estas velocidades, ya que el lugar de instalación depende, entre otras condiciones, de la existencia de otras señales en el lugar. Por ejemplo, una señal que prevenga de curva se podrá colocar a cualquier distancia hasta 30 m. antes de la curva. Sin embargo, la señal preventiva de curva debe ser instalada a una distancia mínima de 30 m. de otras señales.

<sup>6</sup> Se muestra una distancia de 30 m para asegurar un espacio mínimo adecuado entre señales

Fuente: Manual de Señalización Vial – 2015

## ❖ Señales Informativas

La ubicación longitudinal depende de su función

### 5.3.3 Demarcación<sup>2</sup>

La señalización horizontal, se emplean para regular la circulación, advertir o guiar a los usuarios de la vía, por lo que constituyen un elemento indispensable para la seguridad vial y la gestión de tránsito; se utilizan solas o junto a otros medios de señalización.

La demarcación se clasifica según su forma y altura.

#### 5.3.3.1 Clasificación Demarcación según su forma

##### a. Líneas Longitudinales

Se emplean para delimitar carriles y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar o cambiar de carril; zonas con prohibición de estacionar; y para delimitar carriles de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos, por ejemplo, carriles exclusivos de bicicletas, motocicletas o buses.

Atendiendo al elemento de la vía que identifican, las líneas longitudinales se clasifican en:

- ❖ Líneas “centrales” que separan flujos opuestos
- ❖ Líneas que separan carriles
- ❖ Líneas de borde de pavimento

##### b. Líneas transversales.

Se utilizan en cruces para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse y para demarcar sendas destinadas al cruce de peatones o de bicicletas.

Atendiendo a la función que cumplen, las líneas transversales se clasifican en:

- ❖ Líneas de detención
- ❖ Línea de ceda el paso
- ❖ Líneas de cruce
- ❖ Demarcaciones para cruces.
- ❖ Demarcación de líneas de estacionamiento.
- ❖ Demarcación de paraderos.
- ❖ Símbolos y leyendas. Se incluyen en este tipo de demarcación las flechas, símbolos, triángulos CEDA EL PASO y leyendas tales como PARE y DESPACIO, SOLO BUS, entre otras.
- ❖ Otras demarcaciones.

#### 5.3.3.2 Demarcación según su altura:

##### a. Planas: Aquéllas de hasta 6 mm de altura.

---

<sup>2</sup> Según lo indicado Resolución 0001885 del 15 de Junio de 2015

- b. Elevadas: Aquéllas de más de 6 mm y hasta 21 mm de altura para las tachas y 150 mm para los otros delineadores de piso.

#### 5.3.3.3 Ubicación

La demarcación de debe ubicar de tal manera que garantice al usuario que viaja a la velocidad máxima de circulación que permite la vía, ver y comprender su mensaje con suficiente tiempo para reaccionar y ejecutar la maniobra adecuada, de modo que satisfaga uno de los siguientes objetivos:

- ❖ Indicar el inicio, mantención o fin de una restricción o autorización, en cuyo caso la demarcación debe ubicarse en el lugar específico donde esto ocurre.
- ❖ Advertir o informar sobre maniobras o acciones que se deben o pueden realizar más adelante.

#### 5.3.4 **Criterios para Localización de Barreras de Contención**

El propósito de las barreras es el de reducir la gravedad de los accidentes producidos por los usuarios que pierden el control de sus vehículos y abandonan la calzada. La gravedad de los accidentes se debe, entre otros, a la presencia de obstáculos en la zona adyacentes a la calzada de circulación.

Con base en lo indicado en el numeral anterior y lo especificado en la Normatividad relacionada a continuación se definen los criterios de localización de defensas.

- ❖ Roadside Design Guide. American Association of State Highway and Transportation Officials. 2006.
- ❖ Guía Técnica para el Diseño, Aplicación y Uso de Sistemas de Contención Vehicular. República de Colombia Corporación Fondo de Prevención Vial. Septiembre 2012.
- ❖ Guía Técnica para el Diseño de las Zonas Laterales, para Vías más Seguras. República de Colombia Corporación Fondo de Prevención Vial. Septiembre 2012.
- ❖ Manual de Carreteras. Vol. 6 Seguridad Vial. Cap. 6.500 Sistemas de contención Vial. Dirección de Viabilidad – Dirección General de Obras Públicas – Ministerio de Obras Públicas Chile.

##### 5.3.4.1 Obstáculos Adyacentes a la Calzada

De acuerdo con las características de la vía los obstáculos laterales que aplican para el proyecto son los siguientes:

- ❖ Pilas de estructuras y estribos de puentes
- ❖ Construcciones.
- ❖ Obras de arte longitudinales.
- ❖ Cabezales de obras de arte transversales.
- ❖ Muros de contención.

- ❖ Postes de señalización, cuando se trate de señales informativa elevadas, cuyo soporte corresponde a un elemento estructural.
- ❖ Postes SOS
- ❖ Árboles

#### 5.3.4.2 Terraplenes

De acuerdo con la Normas consultadas, se considera que se requieren defensas metálicas para taludes más pronunciados que 1:3 (V:H), los cuales son considerados como zonas críticas o de volcamiento, pues un vehículo que abandone la vía podría volcarse al circular por ellos.

Se adopta la aplicación de la siguiente figura, basada en los criterios del Roadside Design Guide de la AASHTO, teniendo en cuenta que define la localización de defensas, en función de la altura y talud del terraplén.

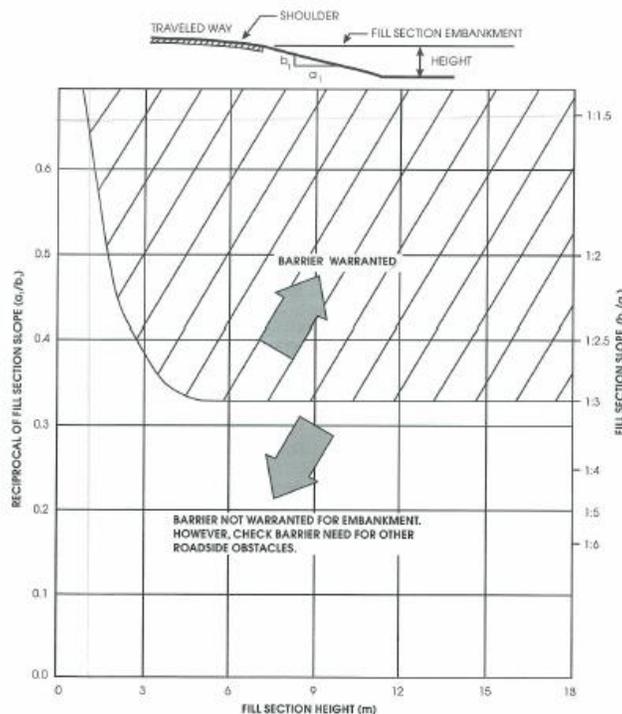


Figura 5.9 Barreras de contención y altura de terraplén

Fuente: Roadside Design Guide. American Association of State Highway and Transportation Officials. 2006

De acuerdo con la figura anterior para taludes menores a 1V:3H requiere defensa a partir de una altura de terraplén de 1 m. Para el proyecto se adopta instalación de defensa a partir de alturas igual o mayores a 2 m teniendo en cuenta las recomendaciones de taludes en la zona libre de la vía.

#### 5.3.4.3 Separador central.

La localización defensas se define con base en la velocidad de diseño y Tránsito Promedio Diario.

Según lo indicado en el Roadside Design Guide – AASHTO y teniendo en cuenta la velocidad de diseño del proyecto (60 kph) y que el TPD del proyecto es inferior a 20.000 vehículos día no se adopta localización de defensas en el separador, excepto para las condiciones anteriores que apliquen.

No obstante lo anterior para el caso de cualquiera de las otras condiciones que apliquen (Obstáculos, Terraplenes, entre otras) se considerara la localización de barreras.

#### 5.3.4.4 Otros criterios

##### Sectores con concentración de accidentes.

No se considera aplicable para la etapa de diseño, no obstante esta condición debe ser evaluada durante la etapa de operación.

##### Sitios usados por peatones y ciclistas

Se tiene prevista su localización en zonas escolares.

#### 5.3.4.5 Ubicación lateral de barreras de contención

De acuerdo con la sección transversal de la vía, y según los criterios de localización de barreras definida en la normatividad, se se adopta la localización de defensas en el extremo de la berma externa y en el extremo de la berma interna, según e muestra en la siguiente figura.

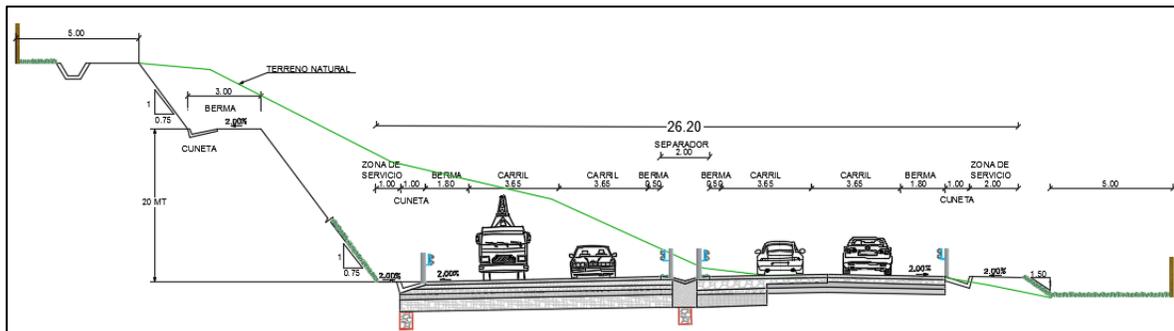


Figura 5.10 Localización lateral de barreras de contención

Nota: La Figura 5.10 es esquemática, la localización específica de las barreras se hará con base en lo indicado en el plano CSH-5-PL-G-G-2005-1.

#### 5.3.4.6 Longitud de Barreras de Contención

La longitud de defensa se adopta según lo indicado en Roadside Design Guide. American Association of State Highway and Transportation Officials. 2006 y Guía Técnica para el Diseño, Aplicación y Uso de Sistemas de Contención Vehicular. República de Colombia, según se detalla a continuación en la Figura 5.11.

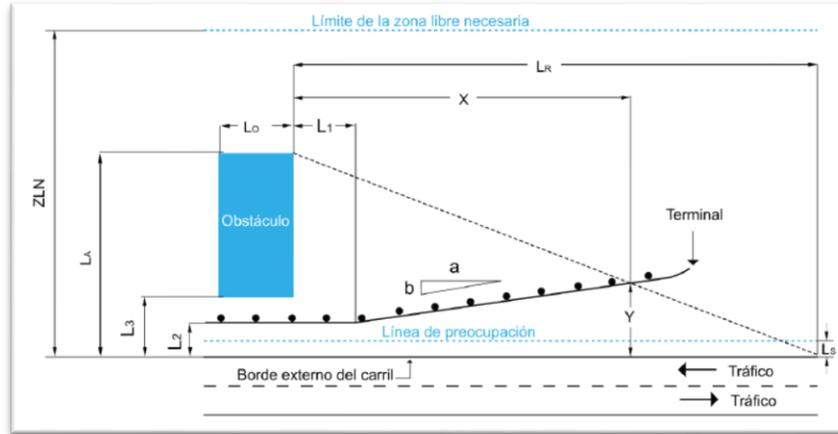


Figura 5.11 Cálculo Longitud de defensas metálicas

Fuente: Guía Técnica para el Diseño, Aplicación y Uso de Sistemas de Contención Vehicular. República de Colombia Corporación Fondo de Prevención Vial. Septiembre 2012

De acuerdo con las características del proyecto se tiene:

Velocidad	60	kph	
$L_R =$	60	m	
$L_{2a} =$	1.8	m	En el borde de la berma externa
$L_{2b} =$	0.5	m	En el borde de la berma interna
$L_A =$	4.5	m	Adoptado según el ancho de zona libre
$L_c =$		m	Variable según el obstáculo
$L_1 =$	0	m	si el obstáculo no sobresale del terreno
	8	m	si el obstáculo sobresale del terreno (Árboles, postes, estructuras de drenaje, pilas de puentes, etc)
	5	m	En accesos a puentes
$a =$	8		Para un sistema semi rígido, caso defensas metálicas
$b =$	1		
$X$			Longitud Barrera anterior al obstáculo

X se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$X = \frac{L_A + (b/a) \times L_1 \pm L_2}{(b/a) + (L_A/L_R)}$$

Fuente: Roadside Design Guide. American Association of State Highway and Transportation Officials. 2006 y Guía Técnica para el Diseño, Aplicación y Uso de Sistemas de Contención Vehicular. República de Colombia Corporación Fondo de Prevención Vial. Septiembre 2012

En el proyecto para localización de defensas en el borde externo de la berma ( $L_{2a}$ ), se obtiene:

$X = 13.5$  m se adopta 14 m, si el obstáculo no sobresale del terreno

$X = 18.5$  m se adopta 19 m, si el obstáculo sobresale del terreno (árboles, postes, estructuras de drenaje, pilas de puentes, etc.)

$X = 16.6$  m se adopta 17 m, en accesos a puentes

En el proyecto para localización de defensas en el borde interno de la berma ( $L_{2b}$ ), se obtiene:

$X = 20$  m, si el obstáculo no sobresale del terreno

$X = 25$  m, si el obstáculo no sobresale del terreno (árboles, postes, estructuras de drenaje, pilas de puentes, etc.)

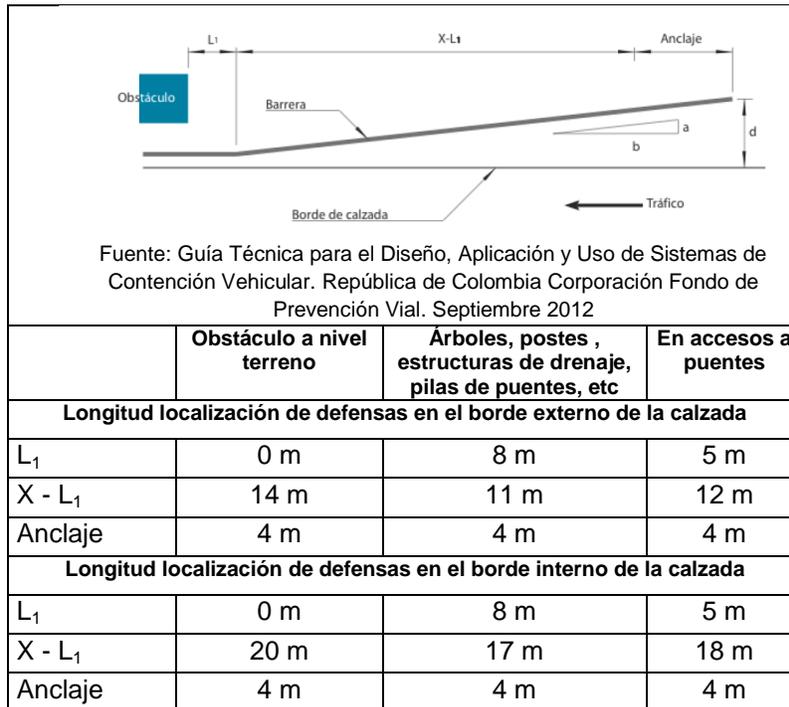
$X = 23.1$  m se adopta 23 m, en accesos a puentes

Terminales de Defensas:

Corresponden a los dispositivos de anclaje de las barreras de contención y su función está asociada a que la barrera de contención no falle al momento de ser impactada, independientemente de la localización de la barrera (central o lateral). Los terminales no forman parte de la longitud estimada de la defensa.

Para vías unidireccionales con velocidad menor o igual a 60 kph, se recomienda la implementación de terminales abatidos y esviaje. La longitud recomendada en calzadas separadas el terminal del extremo final de la barrera es de 4 m como mínimo.

De acuerdo con lo anterior para el proyecto se tiene las siguientes dimensiones para determinar la longitud final de defensa, las cuales aplican a la entrada y salida del obstáculo.



De acuerdo con lo indicado en la normatividad mencionada se unirán los tramos de barrera que estén separados por menos de 50,0 m de distancia. A menos que, entre ambos sistemas se encuentre un acceso a una propiedad, parada de autobuses, etc.

## 5.4 PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO

### 5.4.1 Información de Referencia

A continuación se relaciona la información y documentos de referencia que serán utilizados para el Diseño de Señalización.

- ❖ Resolución 0001885 del 15 de junio de 2015, Manual de Señalización Vial – Dispositivo para la Regulación del Tránsito en Calles, Carreteras y Ciclorrutas de Colombia del Ministerio de Transporte.

### 5.4.2 Planteamiento del Plan de Manejo

Planteamiento de plan de manejo de tráfico teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- ❖ Planteamiento de plan de manejo de tránsito, que permita simultáneamente la construcción de la vía con la operación de la misma.
- ❖ Diseño de la señalización de acuerdo con las condiciones de obra.
- ❖ Elaboración de planos de señalización típicos para el manejo de tránsito.
- ❖ Planteamiento de recomendaciones sobre el empleo de varios tipos de dispositivos utilizados para el control del tránsito durante la construcción, y las guías de uso.

En el Capítulo 9 Plan de Manejo de Tránsito se presenta la descripción detallada del plan propuesto para cada una de los sitios críticos de movilidad debido a la construcción del proyecto.



## 6. TRAZADO TANGUA – INTERCAMBIADOR CATAMBUCO

El diseño geométrico de la unidad funcional 5.1, ha sido generado teniendo en cuenta las especificaciones dadas dentro del Apéndice Técnico 1 del contrato, las recomendaciones incluidas en el Manual de Diseño de Carreteras versión 2008, Manual ASSHTO del 2004.

A continuación se describen los puntos evaluados dentro del proceso inicial de diseño:

- ❖ Definir las características geométricas y de operación con base en el tipo de terreno.
- ❖ Definir los trazados y las pendientes que ocasionen las menores cantidades de obra, en concordancia con criterios de funcionalidad, seguridad y facilidad de inspección y mantenimiento.
- ❖ Condiciones geotécnicas y geológicas apropiadas, evitando al máximo el paso de la vía por zonas geológicamente inestables o haya evidencia de antiguos procesos de remoción en masa o procesos de remoción en masa activos.
- ❖ Aprovechamiento de la fuente de materiales

### 6.1 DESCRIPCION CORREDOR TANGUA – INTERCAMBIADOR CATAMBUCO

El corredor de la unidad funcional 5.1 Tangua Intercambiador Catambuco, está comprendido entre el PR60+020 y el PR77+620 de la ruta nacional 2501 en un total de 16.9 Km de vía aproximadamente, discurriendo por una topografía con pendientes longitudinales altas, sin embargo el desarrollo transversal se hace más suave lográndose zonas planimétricamente más adecuadas, el abscisado de diseño para esta unidad funcional inicia dando continuidad al abscisado de la Unidad Funcional 4 y finaliza en la abscisa K32+700 en el Intercambiador Catambuco.

Esta unidad funcional se divide en dos subsectores, el primero comprendido entre el final de la unidad funcional 4 y el intercambiador sur oriental de la variante de Pasto (PR77+620), en este sector se localiza el acceso a la población de Yacuanquer (costado izquierdo) (PR64+200) y a Cebadal (costado derecho).

Para los efectos de los ajustes registrados en el sector de Yacuanquer en donde se incorpora un PI horizontal de tal forma que se eliminan las afectaciones sobre la Iglesia. Con base en el Apéndice Técnico del contrato se proyecta el diseño de la variante en doble calzada en el paso por la Institución Educativa Alberto Quijano (PR68+000), la cual se desarrolla sobre el costado izquierdo del corredor actual.

### 6.2 OBRAS PRINCIPALES

Se presentan y describen las principales obras proyectadas para esta unidad funcional.

### 6.2.1 Variante Institución Educativa Alberto Quijano (K22+800 a K24+369.14)

De acuerdo con el Apéndice técnico, en el paso por la Institución Educativa Alberto Quijano (PR67+800) deberá localizarse una variante en dos calzadas, por lo cual el diseño de la doble calzada se proyectó sobre el costado norte del corredor existente, permitiendo dentro de su desarrollo la localización de un retorno operacional en ovalo que permite la interacción de los flujos existentes dado la presencia de accesos de importancia. Véase Figura 6.1.



Figura 6.1 Variante Institución Educativa Alberto Quijano

### 6.2.2 Intercambiador Sur Oriental Variante de Pasto (Catambuco) (K32+920)

La localización actual del intercambiador Catambuco es el punto de división entre el subsector 1 y 2 de la unidad funcional 5, a partir de donde el apéndice técnico marca la rehabilitación de la calzada existente y en donde la doble calzada hará la transición a una calzada de dos carriles bidireccional. Véase Figura 6.2



Figura 6.2 Inicio Subsector 2 – Unidad Funcional 5

### 6.2.3 Localización de Andenes

Con base en el apéndice técnico el Concesionario deberá ejecutar algunas obras especiales, dentro de las cuales se encuentra la construcción de andenes en las siguientes zonas, ver Tabla 6.1.

Tabla 6.1 Localización de andenes

Origen (Nombre – Abscisa)	Destino (Nombre – Abscisa)	Tipo de Obra	Condiciones y obligatoriedad de ejecución de la obra	Longitud aproximada (Km) ó número mínimo (puentes, obras, etc)	Ubicación en coordenadas
Inicio zona urbana PR31.7	Fin zona urbana PR31.7	Andenes	Andenes zona urbana PR31-7	0,08Km (lado izquierdo) 0,27Km (lado derecho)	E:974620 N:619298  E:974895 N:619354

Fuente: Apéndice Técnico

### 6.2.4 Puentes Peatonales

Con base en el Apéndice Técnico se proyectó la localización de dos puentes peatonales nuevos como se muestra en la Figura 6.3 y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

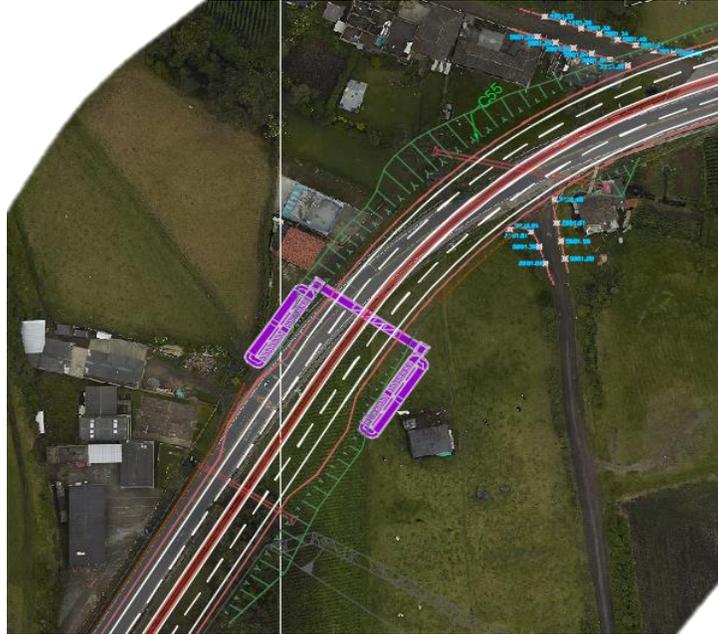


Figura 6.3 Puente Peatonal K31+330 (PR76+280)

### 6.2.5 Retornos Operacionales

Con base en las especificaciones contempladas en el apéndice técnico se tienen contemplados retornos operacionales distribuidos a lo largo del corredor; de acuerdo con las necesidades de la zona se plantean tres tipos de solución:

- ❖ Glorieta
- ❖ Retorno tipo Corbatín
- ❖ Retorno en ovalo

A continuación se relacionan los retornos operacionales planteados dentro del corredor Tangua – Pasto, ver Tabla 6.2.

Tabla 6.2 Localización retornos operacionales UF5

No.	Tipo	Localización
1	Ovalo	K19+220 a K19+770 Entrada Yacuanquer y Cebadal
2	Corbatín	K26+500 – K26+900
3	Corbatín	K28+800 – K29+300
4	Corbatín	Variante Alberto Quijano entre los K23+100

El diseño geométrico de estos retornos responde al cumplimiento de las recomendaciones del Manual de diseño geométrico de vías, en lo relacionado con los carriles de cambio de velocidad,

longitud de entrecruzamiento, radios de giro, etc. En la Figura 6.4 se presenta el diseño en planta del retorno operacional del K26+500.



Figura 6.4 Retorno Tipo Corbatín K26+500 a K26+900

### 6.2.6 Conexión con Accesos Existentes

De acuerdo con los lineamientos establecidos, se deberán adecuar todos los accesos existentes y que en la actualidad conectan a la vía, sean vías de acceso a Barrios, industrias o predios privados, garantizando la conectividad de la población con el corredor.



## 6.3 DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA

### 6.3.1 Alineamiento en Planta

Con base en el apéndice técnico y teniendo en cuenta la topografía de la zona, el desarrollo planimétrico se encuentra restringido a la localización de una segunda calzada paralela a la calzada existente, con lo cual se busca aprovechar la vía existente realizando el mejoramiento de algunas de sus características.

Para el diseño en planta se han utilizados radios de curvatura entre 73m y 420m, existiendo puntos específicos donde se presenten radios superiores en curvas circulares simples; a continuación se hace una relación de los radios y longitudes de espiral utilizados.

Tabla 6.3 Relación de Radios y Longitudes de Espiral Unidad Funcional 5

CALZADA PRINCIPAL				
Curva #	Abscisa PI	Radio de curvatura	Espiral de Entrada	Espiral de Salida
		(m)	(m)	(m)
Pot_Ini	15654.23	0	0	0
C -1	15728.56746	160.15	47	47

CALZADA PRINCIPAL				
Curva #	Abscisa PI	Radio de curvatura	Espiral de Entrada	Espiral de Salida
		(m)	(m)	(m)
C -2	15990.58578	134.85	49	49
C -3	16212.07428	118.249	48	0
C -4	16396.76822	118.248	0	48
C -5	16658.90791	118.15	49	49
C -6	16940.3945	155.15	47	47
C -7	17164.60611	118.157	50.143	0
C -8	17371.95443	118.157	0	48.508
C -9	17626.08687	132	48.485	48.485
C -10	18200.62058	118.15	48	48
C -11	18342.69167	118.15	48	48
C -12	18560.79021	144.85	47	47
C -13	18776.57267	165	45	0
C -14	18931.802	0	0	132.642
C -15	19158.39	124.59	79.023	58.847
C -16	19490.27586	2000	0	0
C -17	19750.52289	205	42	42
C -18	19913.57594	210	42	42
C -19	20201.8876	1480	0	0
C -20	20574.6164	235.15	39	39
C -21	20819.40588	119.85	49	49
C -22	21082.68112	185.15	43	43
C -23	21681.91965	118.15	49	49
C -24	21836.90999	149.85	48	48
C -25	22127.91879	118.15	49	49
C -26	22628.51438	144.85	47.999	47.999
C -27	22891.20122	175.15	44	44
C -28	23436.65241	180	43	43
C -29	23671.60486	200	45.125	45.125
C -30	23995.46663	165	44.824	44.824
C -31	24219.11448	200	45.125	45.125
C -32	24470.18497	324.85	44	44
C -33	25249.89093	281.359	62	62
C -34	25540.06793	275	40.095	40.095
C -35	25795.66721	185.15	43	43
C -36	26145.11285	165.15	45	45
C -37	26309.4809	124	49	49
C -38	26515.932	185	44	44
C -39	26783.86887	174.85	44	44
C -40	27351.14328	155.15	47.001	47.001
C -41	27448.38174	164.85	45	45
C -42	27704.41248	119.85	49	49
C -43	27926.37879	125.15	49	49
C -44	28455.95602	261.97	90	90
C -45	28955.62198	192.15	43	43
C -46	29242.89644	1281.791	70	70
C -47	29457.68751	259.85	40	40
C -48	29644.4674	164	46	46
C -49	29846.13313	204.85	42	42
C -50	30077.96763	195.15	43	43
C -51	30287.00101	119.85	49	49
C -52	30470.35408	118.15	49	49

CALZADA PRINCIPAL				
Curva #	Abscisa PI	Radio de curvatura	Espiral de Entrada	Espiral de Salida
		(m)	(m)	(m)
C -53	30606.17472	157.005	48	48
C -54	30918.35965	240	41.667	41.667
PQ -55	31185.46175	0	0	0
C -56	31363.70304	173.85	45	45
C -57	32046.5517	192	44	44
C -58	32260.99874	205.15	42	42
C -59	32559.13329	250	40	40
C -60	32775.21274	200	40	40
Pot_Fin	32973.39407	0	0	0

En la Tabla 6.4 se presenta la geometría en planta para los ejes auxiliares usados en el diseño geométrico de la UF5.

En el Anexo 3 se presenta el análisis de velocidades específicas.

Tabla 6.4 Relación de Radios y Longitudes de Espiral para los ejes auxiliares de la Unidad Funcional 5

EJE AUX-1 UF-5					EJE AUX-3 UF-5				
Curva #	Abscisa PI	Radio de curvatura	Espiral de Entrada	Espiral de Salida	Curva #	Abscisa PI	Radio de curvatura	Espiral de Entrada	Espiral de Salida
		(m)	(m)	(m)			(m)	(m)	(m)
Pot_Ini	K18+989,000	-	-	-	Pot_Ini	K26+451,060	-	-	-
C -1	K19+191,200	166	45	45	C -1	K26+623,150	237	39	39
C -2	K19+828,070	1500	-	-	C -2	K26+901,184	160	47	47
C -3	K19+993,990	647,930	40	40	Pot_Fin	K26+971,762	-	-	-
Pot_Fin	K20+073,400	-	-	-	EJE AUX-4 UF-5				
EJE AUX-2 UF-5					Curva #	Abscisa PI	Radio de curvatura	Espiral de Entrada	Espiral de Salida
Curva #	Abscisa PI	Radio de curvatura	Espiral de Entrada	Espiral de Salida			(m)	(m)	(m)
		(m)	(m)	(m)	Pot_Ini	K28+781,060	-	-	-
Pot_Ini	K22+722,76	-	-	-	C -1	K28+850,545	214,15	41	41
C -1	K23+200,73	315	45	0	C -2	K29+193,064	176,677	50	50
C -2	K23+491,79	176	39,322	45	C -3	K29+458,037	256	38	38
Pot_Fin	K23+659,23	-	-	-					

### 6.3.2 Alineamiento en Perfil

Debido a la topografía de la zona, el diseño vertical se plantea con amplios sectores a pendiente máxima, garantizando el ascenso hasta el Alto de la Coba y desde allí el descenso hasta Pasto.

Eventualmente se tiene sectores con pendiente máxima del 9.0% acogiéndose a las excepciones planteadas en el apéndice técnico en los siguientes sectores, véase Tabla 6.5

Tabla 6.5 Zonas con pendientes mayores a 7% UF5

Sector		Pendiente (%)
Inicio	Fin	
K16+600	K16+727	7,30
K17+130	K17+255	7,90
K17+490	K17+648	9,00
K21+550	K21+833	9,00
K23+465	K23+865	8,90
K25+162	K25+273	7,70
K26+927	K27+312	-8,80
K33+998	K34+334	-8,20

#### 6.4 TALUDES

De acuerdo a los análisis de estabilidad realizados para condiciones estáticas y pseudoestáticas, basados en información geológica, geomorfológica y geotécnica del corredor, se realizó la zonificación geotécnica para definir las inclinaciones de corte y terraplén de la vía. Véase Tabla 6.6.

Tabla 6.6 Sectorización por zonas homogéneas para los taludes – UF5

Zona Homogénea	Subsector	Abscisa Inicio	Abscisa Fin	Talud de Corte	Talud de Terraplén
1	1.1	K15+753.56	K15+900	0.70H:1V Con bermas de 3m ancho cada 20 m	1.5H:1V
	1.2	K15+900	a K16+100	0.75H:1V Con bermas de 5m ancho cada 20 m	1.5H:1V
	1.3	K16+100	K18+976	0.70H:1V Con bermas de 3m ancho cada 20 m	1.5H:1V
2	2.1	K18+876	K24+018	0.70H:1V Con bermas de 3m ancho cada 20 m	1.5H:1V
3	3.1	K24+018	K26+130	0.70H:1V Con bermas de 3m ancho cada 20 m	1.5H:1V
	3.2	K26+130	K29+500	0.75H:1V Con bermas de 3m ancho cada 10 m	1.5H:1V
	3.3	K29+500	K30+030	0.70H:1V Con bermas de 3m ancho cada 20 m	1.5H:1V
4	4.1	K30+030	K32+700	0.70H:1V Con bermas de 3m ancho cada 20 m	1.5H:1V

En los siguientes sectores de terraplenes altos se proyectaron taludes con una inclinación 1.5H:1V con bermas de 3 m de ancho cada 10 m de altura:

- ❖ K22+380-K22+600
- ❖ K22+800-K22+900
- ❖ K23+800-K24+250
- ❖ K27+800-K27+900

Los análisis de estabilidad estáticos y pseudoestáticos hechos para definir cada una de las inclinaciones de corte y relleno de las zonas homogéneas de los taludes, se encuentran en el *Vol 5 Estudio de Estabilidad y Estabilización de Taludes*.

## 6.5 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

En la Tabla 6.7 se presenta un resumen de las estructuras de pavimento usadas para esta unidad funcional.

Tabla 6.7 Estructuras de Pavimento para Calzada Nueva y Rehabilitación UF5

Tramo		Mejoramiento Subrasante		Estructura de Pavimento Nueva				AMPLIACION				REHABILITACION	
		RAJON	AFIRMADO	SBG	BG	CA (cm)		Abscisa	SBG	BG	CA	BG	CA
Inicio	Fin	Esp. (cm)	Esp. (cm)	(cm)	(cm)	MDC-19	MDC - 25	Inicio/Fin	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
K17+750	K19+200	-	-	28	20	5	8	K17+750 - K18+400	28	20	13	18	13
								K18+400 - K19+200	28	20	13	32	13
K19+200	K20+800	-	22	35	20	5	8	-	35	20	13	32	13
K20+800	K21+900	-	30	35	20	5	8	K20+800 - K21+550	35	20	13	32	13
								K21+550 - K21+900	40	30	12	15	12
K21+900	K23+400	-	42	35	20	5	8	-	40	30	12	15	12
K23+400	K24+000	-	44	35	20	5	8	-	40	30	12	15	12
K24+000	K24+700	-	32	35	20	5	8	-	40	30	12	15	12
K24+700	K25+400	17	53	35	20	5	8	K24+700 - K25+050	40	30	12	15	12
								K25+050 - K25+400	40	30	12	15	12
K25+400	K25+700	-	43	35	20	5	8	-	40	30	12	15	12
K25+700	K25+900	-	24	35	20	5	8	-	40	30	12	15	12
K25+900	K26+200	-	40	35	20	5	8	-	40	30	12	15	12
K26+200	K27+400	30	53	35	20	5	8	-	40	30	12	15	12
K27+400	K29+600	20	53	35	20	5	8	K27+400 - K29+168	35	20	13	18	13
								K29+168 - K29+600	40	30	12	15	12
K29+600	K30+500	-	41	35	20	5	8	-	40	30	12	15	12
K30+500	K30+900	16	53	35	20	5	8	-	40	30	12	15	12
K30+900	K32+000	-	41	35	20	5	8	-	40	30	12	15	12
K32+000	K32+700	-	45	35	20	5	8	-	40	30	12	15	12
K32+700	K37+936	-	-	33	20	5	8	-	40	30	12	15	12
K32+700	K37+934	-	-	33	20	5	8	-	40	30	12	15	12

Los análisis y modelos matemáticos usados para definir la estructura de pavimento de esta unidad funcional, y que son presentados en la Tabla 6.7 se encuentran en el *Volumen 6. Estudio Geotécnico y Diseño del Pavimento*.

## 6.6 MUROS VIALES

A partir de la evaluación de zonas donde se generan alturas de terraplén de gran magnitud, se evalúa la localización de muros que permitan contener la banca de la vía, partiendo de esto se tiene la Tabla 6.8, en donde se resumen las principales características de los muros estimados para el corredor principal.

Tabla 6.8 Resumen Muros Viales UF5

Muro	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Hmax (m)	Hmin (m)	Longitud (m)	Tipología
1	K15+850	K15+910	8,8	4,0	60	Cantiléver
2	K17+007	K17+052	8,0	4,0	46	Cantiléver

## 6.7 FUENTES DE MATERIALES Y ZODMES

Las fuentes de materiales contempladas para el desarrollo de los trabajos del proyecto Rumichaca – Pasto están en la Tabla 6.9

Tabla 6.9 Fuentes de materiales UF5

No	EMPRESA	UBICACIÓN	COORDENADAS		USOS						
			E	N	BASE	SUBBASE	RECEBO	CONCRETO	ASFALTO	FILTRO	ENROCADO
1	MADEKO	PK 28+800	955706	595907	X	X	X				
			955478	595723							
			955598	595661							
			955786	595834							
2	CANTERA OSPINA										
3	CANTERA VIA ILES				X					X	
4	ROSAPAMPA	PK 34+400 VIA CATAMBUCO	975212	621526		X	X				
5	MINA LA CRUZ	CATAMBUCO	975509	621541			X				
6	MINA EL HUECO	CATAMBUCO	974915	621295							
7	MINA LA VICTORIA	KM 8 VIA OCCIDENTE PASTO	974261	628415	X	X	X	X	X	X	X
8	MIKEL S.A.S.	PK 38+000 Vereda El Porvenir, Municipio de	955255	604568	X	X	X				X
			955186	604476							

No	EMPRESA	UBICACIÓN	COORDENADAS		USOS						
			E	N	BASE	SUBBASE	RECEBO	CONCRETO	ASFALTO	FILTRO	ENROCADO
		Iles	954944	604274							
			955146	604153							
			955338	604462							
			956046	602488							
9	EL CAPULI - PANAVIAS	PK 35+800	955742	602403							
			955996	601584		X	X			X	X
			956362	601756							
			956870	605767							
10	AGRESUR	RIO TELLEZ	958488	605457	X	X		X	X	X	
	CONCAY		958598	605038							
	PANAVIAS		958256	604882							
	MARIO YANDAR										

No	EMPRESA	UBICACIÓN	COORDENADAS		USOS							
			E	N	BASE	SUBBASE	RECEBO	CONCRETO	ASFALTO	FILTRO	ENROCADO	
	CASS CONSTRUCCIONES		956861	605069								
11	MINA DE RECEBO EL HUECO	JONGOVITO	975244	621115								
12	COMINAGRO	CATAMBUCO	976148	621330				X				
13	CONCRESUR	KM 6 VIA GENOY						CONCRETO PREMEZCLA DO				
14	MINA LOS LAURELES	KM 15 VIA BUESACO	961350	633820						X	X	

Los detalles de la disposición de cada uno de las ZODMES (Zonas de Disposición de Material Esteril) y rellenos no estructurales se encuentran en los planos CSH-5-PL-G-G-5003-0 a CSH-5-PL-G-G-5021-0. En la Tabla 6.10 se presentan las capacidades de cada uno de las ZODMES y en la Tabla 6.11 se presentan las capacidades para los rellenos no estructurales.

Tabla 6.10 Zonas de Disposición de Sobrantes ZODMES UF5

ZODME	ABSCISA	AREA (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN DISEÑO
			m <sup>3</sup>
Z5-1A	K17+200	31 646	200 622
Z5-1B	K17+350	12 046	76 935
Z5-2	K17+600	16 924	140 646
Z5-3	K18+900	149 746	3 246 017
Z5-4	Yacuanquer	3370	9400
Z5-5	K19+600	14714	127177
Z5-6	K20+900	27 820	181 432
Z5-7	K24+500	6112	32 345
Z5-8	K25+000	60 515	815 711
Z5-9	K26+280	34 469	229 773
Z5-10	K26+900	3957	14 368
Z5-11	K30+700	9631	19 575
Z5-12	K30+780	18 385	133 001
Z5-13	K31+600	66 831	813 426
<b>TOTAL</b>			<b>6 040 428</b>

Tabla 6.11 Rellenos No Estructurales UF5

RELLENOS NO ESTRUCTURALES	ABSCISA	AREA (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN DISEÑO (m <sup>3</sup> )
R5-1	K20+100	47 870	537 234
R5-2	K20+520	72 093	794 204
R5-3	K22+450	35 968	425 701
R5-4	K30+950	40 723	509 423
R5-5	K31+840	5215	27 827
<b>TOTAL</b>			<b>2 294 389</b>

Se tiene una capacidad total para ZODMES de 6 040 428 m<sup>3</sup> y con los rellenos no estructurales se alcanza una capacidad de 2 294 389 m<sup>3</sup>; para una capacidad de disposición total de materiales sobrantes de 8 334 817 m<sup>3</sup>.



## 6.8 CANTIDADES OBRA CARRETERA

Se calcularon las cantidades de obra carretera para los movimientos de tierras y estructura de pavimento de esta unidad funcional, estas cantidades fueron calculadas usando el programa de cómputo de Autodesk CIVIL3D versión 2016 y hojas de cálculo electrónicas de Excel de propiedad de INGETEC.

En la Tabla 6.12 se presenta el resumen de cantidades para corte y relleno de esta UF, estas cantidades están clasificadas según el tipo de material que se va a excavar en material común o suelo, roca fracturada (ripleable) y roca sana. En el *Anexo 4.1 Movimiento de Tierras* se encuentran los volúmenes de corte y relleno para cada una de las secciones transversales diseñadas de la vía.

Tabla 6.12 Resumen Cantidades Movimiento de Tierras UF-5

ITEM		TOTAL
LONGITUD m		16 972.82
CORTE m <sup>3</sup>		3 330 376.58
TERRAPLÉN m <sup>3</sup>		708 014.94
DISTRIBUCION DE CORTE	SUELO (INCLUYE DESCAPOTE) m <sup>3</sup>	2 676 322.87
	RIPEABLE m <sup>3</sup>	630 598.50
	ROCA m <sup>3</sup>	23 455.21
APROVECHABLE m <sup>3</sup>		326.430,72
MATERIAL A ZODME m <sup>3</sup>		3.006.366,26
MATERIAL A ZODME CON EXPANSION m <sup>3</sup>		3.773.152,64

En la Tabla 6.13 se presenta el resumen de cantidades correspondientes a la estructura de pavimento de esta UF.

Tabla 6.13 Resumen Cantidades UF5

RESUMEN DE CANTIDADES DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DEL EJE PRINCIPAL, EJES AUXILIARES Y RETORNOS UF5	
ITEM	VALOR
MDC19 m <sup>3</sup>	16907.38
MDC25 m <sup>3</sup>	26577.74
Base Granular m <sup>3</sup>	75799.03
Subbase Granular m <sup>3</sup>	106798.31
Mejoramiento con Afirmado m <sup>3</sup>	100274.54
Mejoramiento con Rajón m <sup>3</sup>	16520.1
Cuneta m <sup>3</sup>	4833.01
Cuneta Central m <sup>3</sup>	1390.67
Material Granular Filtrante m <sup>3</sup>	12908.88
Material Vegetal para Separador m <sup>3</sup>	1662.08
Material tipo terraplén para Separador	12707.22

RESUMEN DE CANTIDADES DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DEL EJE PRINCIPAL, EJES AUXILIARES Y RETORNOS UF5	
ITEM	VALOR
m <sup>3</sup>	
Anden m <sup>2</sup>	135.34
Descapote m <sup>3</sup>	652906.33



## 6.9 ANÁLISIS DE CONEXIONES VIAL YACUANQUER

A lo largo de la Unidad Funcional, para efectos de manejo del tránsito de los flujos que atraviesan el proyecto, mediante cruces directos, giros izquierdos o giros derechos que afectan los flujos de tránsito directos del proyecto se ha planteado una conexión a nivel tipo retorno para el acceso a Yacuanquer.

En este numeral se realiza el Análisis de Capacidad y Niveles de Servicio de la conexión, de los diferentes movimientos generados dentro de la infraestructura planteada, para estimar los indicadores de operación de los elementos que los permiten.

Los análisis que se realizan, tienen como fin primordial, encontrar las medidas de funcionamiento de la infraestructura vial que se presenta en la situación con proyecto, considerando como inicio de operación el año 2016 y en la situación futura, evaluada para el año 2040.

La información base de tránsito utilizada para la ejecución de los análisis que se presentan a continuación correspondiente a la extrapolación movimientos direccionales en cada conexión y sus movimientos, con base en las Matrices Origen - Destino utilizadas en el Estudio de Demanda la Autopista Rumichaca – Pasto, elaborado por Terma Grupo Consultor TTMA Territorio Transporte Medio Ambiente – Junio 2015. Al respecto se anota que de acuerdo con la información revisada de las matrices origen & destino, no se identifica un alto volumen de viajes con destino a Yacuanquer y poblaciones aledañas (menor al 2%). Teniendo en cuenta lo anterior se asume un porcentaje 5% para los vehículos que realizan todos los movimientos de entrecruzamiento.

### 6.9.1 Configuración Geométrica

La configuración geométrica adoptada para solucionar los movimientos que se presentan en la conexión se muestran en la siguiente Figura 6.5.

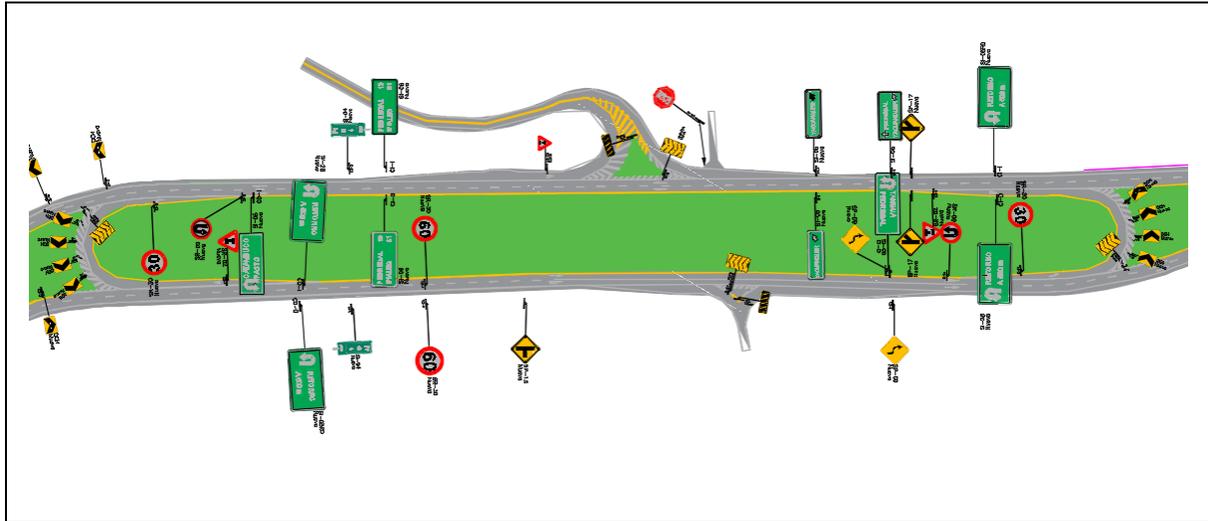


Figura 6.5 Configuración geométrica Conexión Yacuanquer

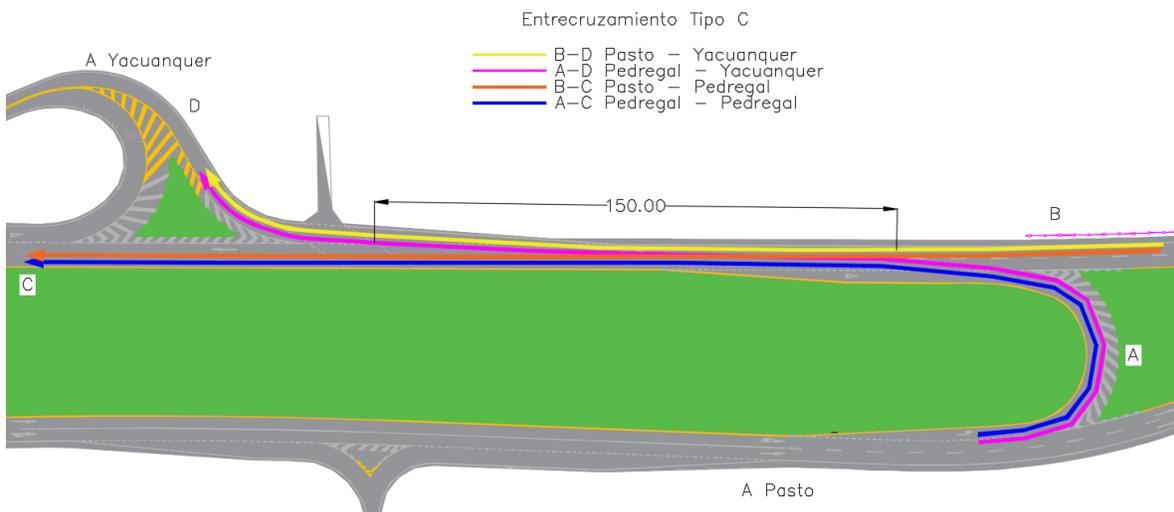


Figura 6.6 Configuración tramos de entrecruzamiento Conexión Yacuanquer  
Fuente: elaboración propia

### 6.9.2 Parámetros de Evaluación

En la siguiente tabla se presenta la información de los volúmenes de tránsito con los que se realizó el análisis para representar las condiciones de operación vehicular en el escenario de operación y en función del período final de diseño. Véase Tabla 6.14.

Tabla 6.14 Características del tránsito tramo de entrecruzamiento – Conexión Yacuanquer

Características del Tránsito Vía principal	2016	2040
Volumen Total TPD - Diario	5441	11209
Porcentaje de Livianos	61%	61%

<b>Características del Tránsito Vía principal</b>		<b>2016</b>	<b>2040</b>
Porcentaje de Buses + Camiones		39%	39%
Factor de Hora Pico		0.9	0.9
Volumen Total HMD - Hora Máxima Demanda		435	897
Datos sentido más Cargado Pasto - Pedregal			
Porcentaje de Livianos		61%	61%
Porcentaje de Buses + Camiones		39%	39%
Factor de Hora Pico		0.9	0.9
Volumen Total HMD - Hora Máxima Demanda		261	538
Datos de tránsito - Entrecruzamiento Tipo C			
Movimiento	Características del Tránsito	2016	2040
AD	Volumen Total HMD	13	27
	Porcentaje de Livianos	61%	61%
	Porcentaje de Buses + Camiones	39%	39%
	Factor de Hora Pico	0.9	0.9
AC	Volumen Total HMD	13	27
	Porcentaje de Livianos	61%	61%
	Porcentaje de Buses + Camiones	39%	39%
	Factor de Hora Pico	0.9	0.9
BC	Volumen Total HMD	222	457
	Porcentaje de Livianos	61%	61%
	Porcentaje de Buses + Camiones	39%	39%
	Factor de Hora Pico	0.9	0.9
BD	Volumen Total HMD	13	27
	Porcentaje de Livianos	61%	61%
	Porcentaje de Buses + Camiones	39%	39%
	Factor de Hora Pico	0.9	0.9

### 6.9.3 Resultados de la Evaluación

El análisis de capacidad y nivel de servicio se realizó utilizando el software HCS, de acuerdo con los parámetros de evaluación considerados, en este caso tramo de entrecruzamiento Tipo C.

Los resultados de las corridas en HCS del análisis del tramo de entrecruzamiento se presentan en el Anexo 6 del informe y se resumen en la Tabla 6.15 .

Tabla 6.15 Resultados análisis de entrecruzamiento – Conexión Yacuanquer

<b>Segmento de Entrecruzamiento</b>	<b>2016</b>	<b>2040</b>
Tipo de terreno	Montañoso	Montañoso
Longitud Entrecruzamiento	150	150
Densidad - Vh/km/carril	6.94	15.78
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Velocidad - kph zona entrecruzamiento	47.14	40.81

Velocidad - kph zona no entrecruzamiento	47.67	41.43
--	-------	-------

De acuerdo con la tabla anterior el tramo de entrecruzamiento, inicia operando con buen nivel de servicio (B) que representa operación en la zona de entrecruzamiento sin restricción.

Para final del periodo de diseño el nivel de servicio es C que representa operación en la zona de entrecruzamiento con alguna restricción, no obstante este nivel de servicio se considera aceptable.

#### 6.9.4 Análisis de Trayectorias

De acuerdo a lo estipulado en el Capítulo 2 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008, se realizó el análisis de trayectorias para la conexión vial Yacuanquer, teniendo en cuenta el vehículo de diseño 3S2 y su correspondiente trayectoria de giro. A continuación se presentan los esquemas del análisis:

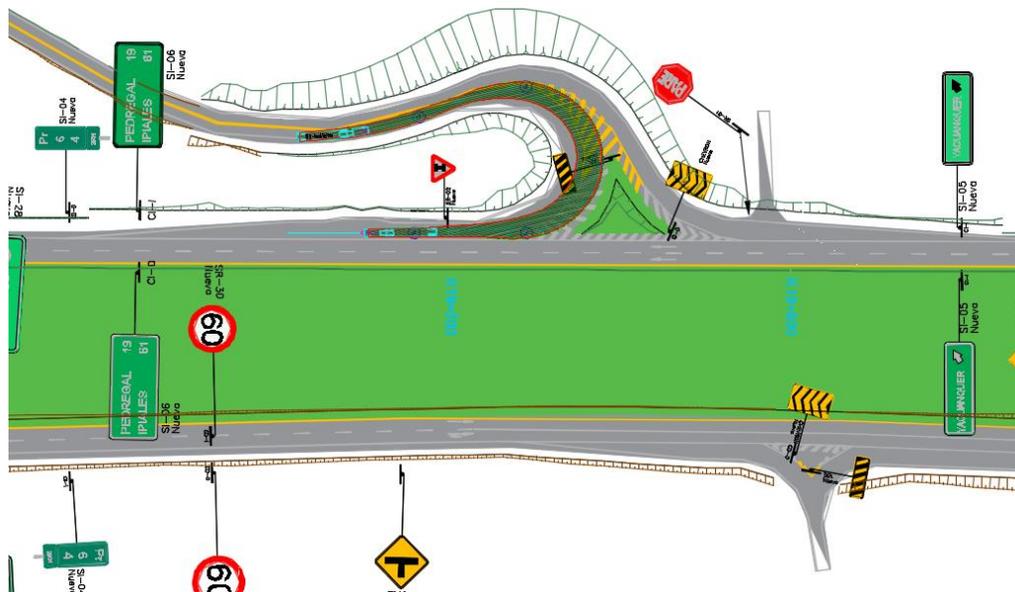


Figura 6.7 Trayectoria de Giro Conexión Yacuanquer



#### 6.10 INTERCAMBIADOR CATAMBUCO

En la abscisa K32+680 de la UF5 (Subsector 1) la vía proyectada hace su empalme con el intercambiador existente de Catambuco (tipo trompeta) Véase Figura 6.8, en este sitio se prevé que el carril derecho de la calzada PEDREGAL - PASTO funcione como conexión directa con el ramal de enlace existente del intercambiador y que sirve para dar conexión a los vehículos cuyo origen es la ruta nacional 25 y destino sea la ruta nacional 25NRD (variante Pasto) o la ruta nacional 10 que va hacia la Ciudad de Mocoa. Así mismo, el carril izquierdo Pedregal – Pasto dará continuidad al flujo vehicular que se dirija hacia el casco urbano de Pasto.

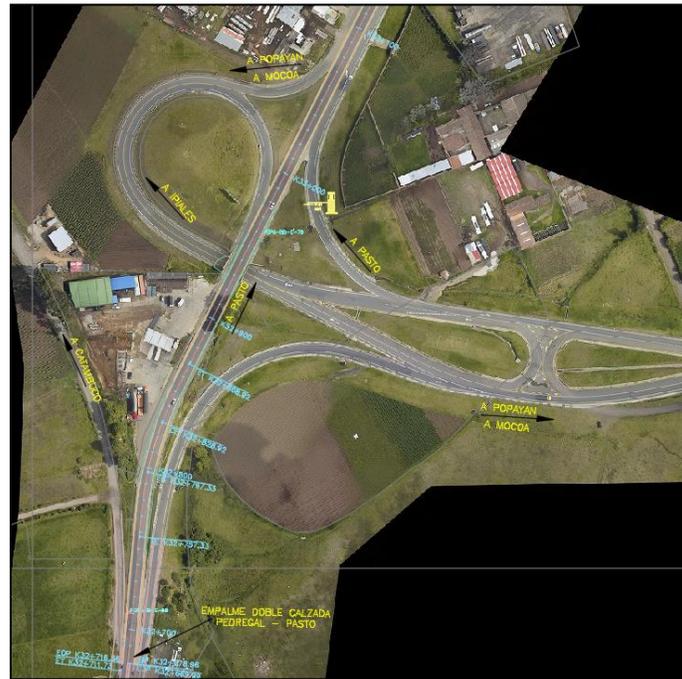


Figura 6.8 Esquema intercambiador Catambuco

En el sentido de flujo Pasto – Pedregal, actualmente el intercambiador cuenta con el ramal de enlace para el movimiento de los vehículos que vienen de Pasto y se dirigen a tomar la ruta nacional 25NRD o la ruta nacional 10 a Mocoa; en el sitio de empalme con la doble calzada se prevé que el carril izquierdo en sentido del flujo vehicular (Pasto – Pedregal) sirva de enlace directo para dar continuidad a este flujo vehicular. Ahora, los vehículos que vengan de la población de Catambuco usaran como ramal de enlace la vía existente y que tendrá continuidad con el carril derecho de la doble calzada en el sentido Pasto - Pedregal.

En el estudio de demanda del proyecto de la autopista Rumichaca – Pasto se estimaron los TPD en el sector del intercambiador de Catambuco obteniéndose para el año 2016 un TPD en la UF5 subsector 1 de 3707 vehículos por sentido y para la UF5 subsector 2 un TPD de 2341 vehículos por sentido; así mismo se identificó un TPD de 1366 vehículos que toman la ruta 25NRD.

Con las proyecciones de crecimiento de tránsito del sector por efecto de la entrada en operación de la doble calzada Rumichaca – Pasto, se estimó que para el Subsector 1 el TPD en el año 2040 será de 7215 vehículos por sentido, para el subsector 2 un TPD de 4521 vehículos por sentido y de 2694 para el ramal de enlace de la ruta 25NRD. Para el flujo directo la composición vehicular está dada por un 69% de automóviles, 20% de camiones y 11% de Buses y para el flujo hacia la ruta 25NRD de 56% de automóviles, 27% de camiones y 17% de Buses.

A continuación se realiza el Análisis del efecto de ampliación y reducción de un carril a dos carriles de circulación, generados dentro de la infraestructura, para estimar los indicadores de operación de los elementos que los permiten.

Los análisis que se realizan, tienen como fin primordial, encontrar las medidas de funcionamiento de la infraestructura vial que se presenta en la situación con proyecto, considerando como inicio de operación el año 2016 y en la situación futura, evaluada para el año 2040.

La información base de tránsito utilizada para la ejecución de los análisis se presentan a continuación. Esta fue estimada a partir de la información de los TPD estimados en el Estudio de Demanda y considerando el volumen de la Hora de Máxima Demanda, el cual de acuerdo con la información de volúmenes horarios indicados en el Informe, se tomó como el 8% del Tránsito Promedio Diario.

### 6.10.1 Configuración Geométrica

La configuración geométrica evaluada para calificar la infraestructura planteada se muestran en la siguiente Figura 6.9.

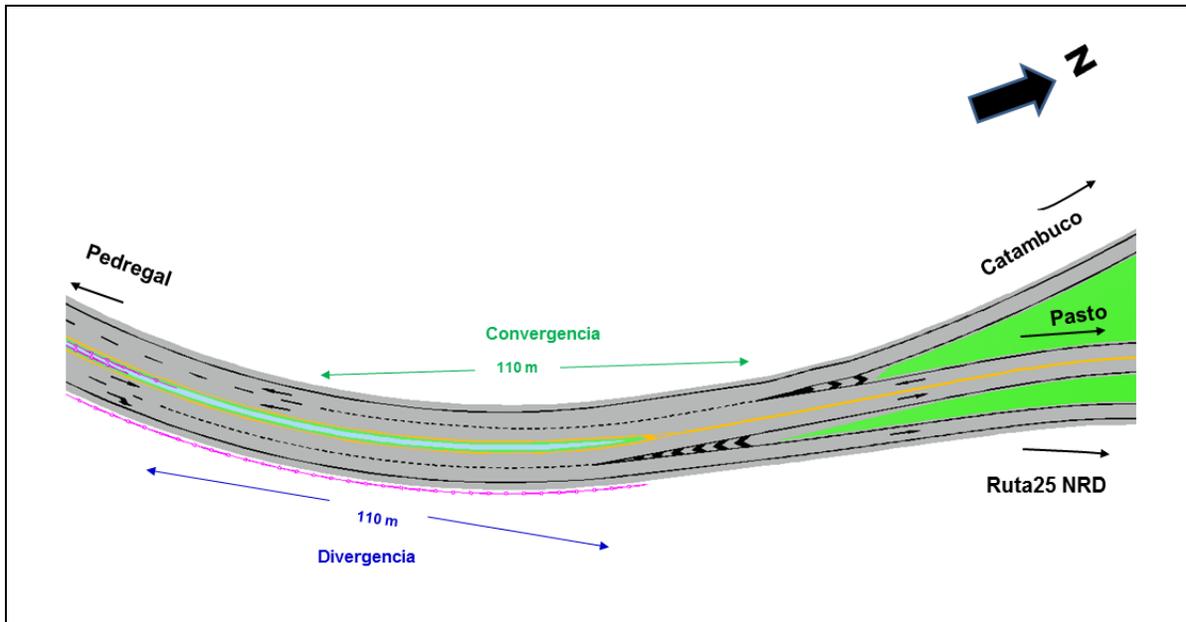


Figura 6.9 Configuración conexión Catambuco  
Fuente: elaboración propia

Para el sentido Pedregal - Pasto, se evalúa la reducción de dos carriles a uno de circulación como una divergencia del flujo Pedregal - Pasto con el flujo Pedregal - Mocoa.

Para el sentido Pasto - Pedregal, se evalúa la ampliación de un carril a dos carriles de circulación, como una convergencia del flujo Pasto - Pedregal con el flujo Catambuco - Pedregal.

### 6.10.2 Parámetros de Evaluación

En la siguiente tabla se presenta la información de los volúmenes de tránsito con los que se realizó el análisis para representar las condiciones de operación vehicular en el escenario de operación y en función del período final de diseño. Véase Tabla 6.16.

Tabla 6.16 Características del Tránsito Rampas de Convergencia y Divergencia – Catambuco

Análisis	Movimiento	Descripción	Volumen (veh/hr) 2015	Volumen (veh/hr) 2040	FHP	Pesados
Divergencia	Directo	Pedregal - Pasto	187	362	0.90	31%
	Rampa	Pedregal - Variante Ruta 25NRD	109	215	0.90	44%
Convergencia	Directo	Pasto - Pedregal ( Incluye Transito Ruta 25NRD)	267	519	0.90	44%
	Rampa	Catambuco - Pedregal	30	58	0.90	30%

### 6.10.3 Resultados de la Evaluación

El análisis de capacidad y nivel de servicio se realizó utilizando el software HCS, de acuerdo con los parámetros de evaluación considerados, en este caso rampas de convergencia y divergencia.

Los resultados de las corridas en HCS del análisis de las rampas de convergencia y divergencia se presentan en el Anexo 6 del informe y se resumen en la siguiente Tabla 6.17.

Tabla 6.17 Resultados Análisis de Convergencia y Divergencia – Catambuco

Análisis	Movimiento	Descripción	Año 2016		Año 2040	
			Nivel de Servicio	V/C	Nivel de Servicio	V/C
Divergencia	Directo	Pedregal - Pasto	A	9%	A	17%
	Rampa	Pedregal - Variante Ruta 25NRD		13%		25%
Convergencia	Directo	Pasto - Pedregal ( Incluye Transito Ruta 25NRD)	A	14%	B	27%
	Rampa	Catambuco - Pedregal				

De acuerdo con la tabla anterior los ramales de divergencia y convergencia, inician operando con buen Nivel de Servicio, A, que representan incorporaciones y salidas a través de un carril independiente sin restricción.

Para final del periodo de diseño el Nivel de Servicio se mantiene, llegando para el año 2040 a Niveles entre A-B, los cuales son aceptables para los carriles de aceleración y desaceleración. La operación se realiza sin restricción.

Los resultados de las corridas en HCS del análisis de las rampas de convergencia y divergencia se presentan el Anexo 6.

### 6.11 ANALISIS DE TRAYECTORIAS RETORNOS

De acuerdo a lo estipulado en el Capítulo 2 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008, se realizó el análisis de trayectorias para los retornos establecidos dentro del corredor, teniendo en

cuenta el vehículo de diseño 3S2 y su correspondiente trayectoria de giro. A continuación se presentan los esquemas del análisis:

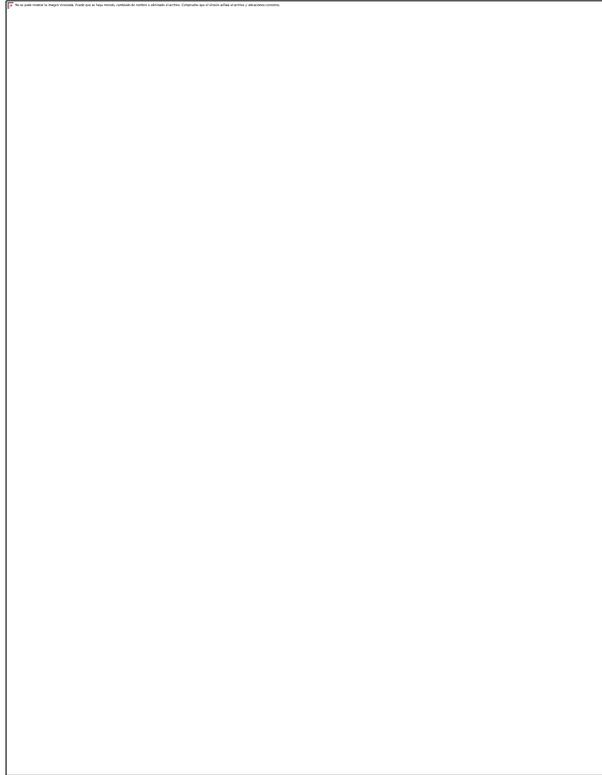


Figura 6.10 Dimensiones y Trayectorias de Giro Camion 3S2

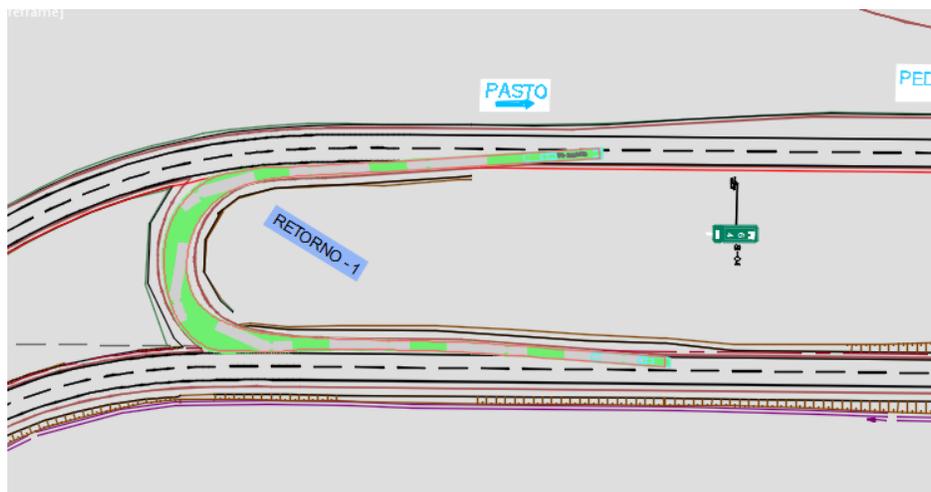


Figura 6.11 Trayectoria de Giro Camion 3S2 Retorno 1

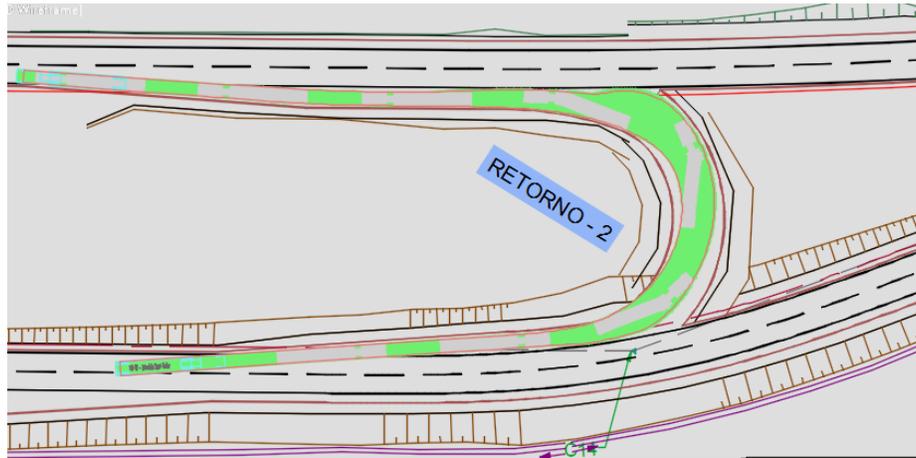


Figura 6.12 Trayectoria de Giro Camion 3S2 Retorno 2

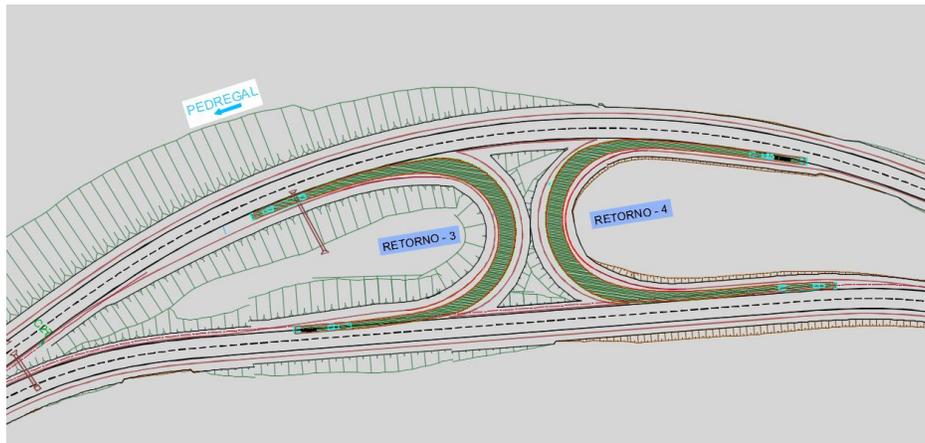


Figura 6.13 Trayectoria de Giro Camion 3S2 Retorno 3 y 4

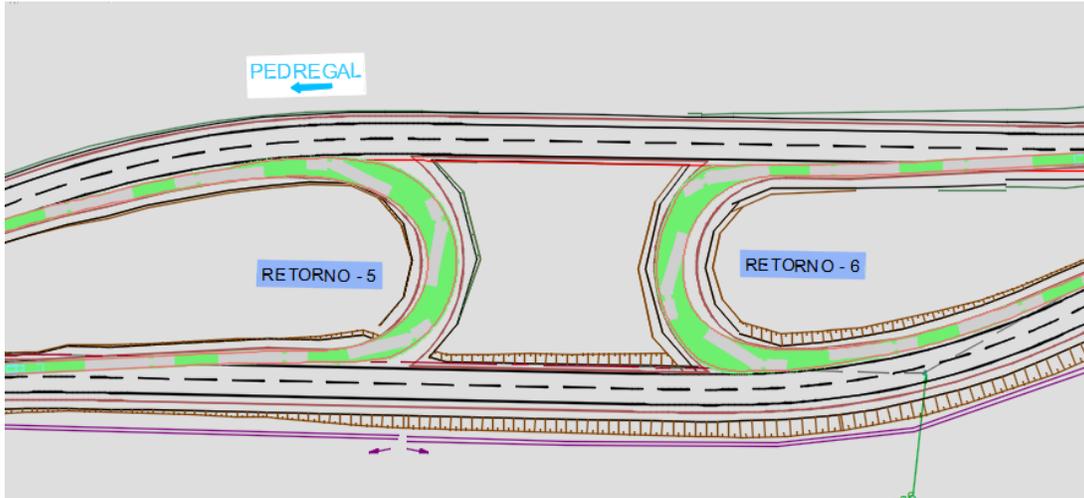


Figura 6.14 Trayectoria de Giro Camion 3S2 Retorno 5 y 6

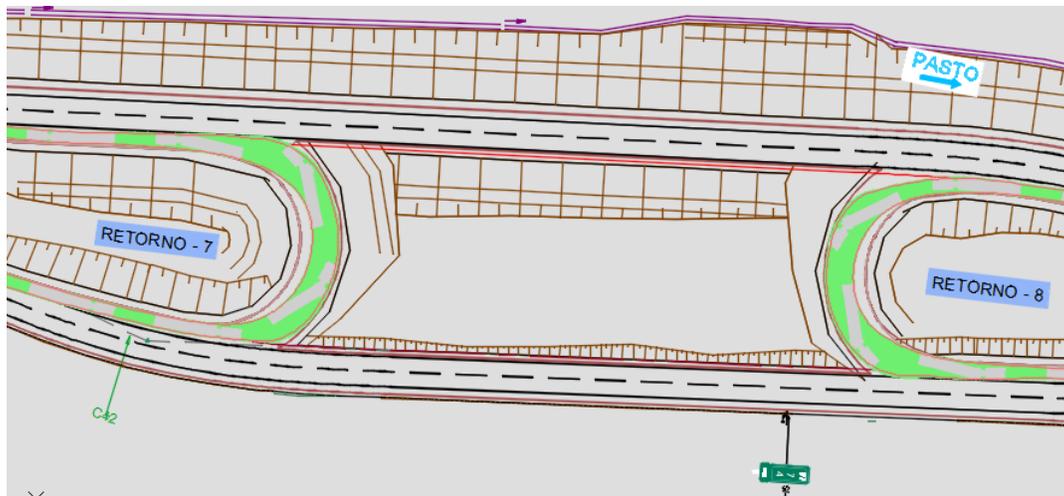


Figura 6.15 Trayectoria de Giro Camion 3S2 Retorno 7 y 8

## 7. SEGURIDAD VIAL

### 7.1 ANALISIS Y RESULTADOS ESTUDIOS PREVIOS

Los Estudios previos corresponden a una Auditoría de Seguridad Vial<sup>3</sup>, realizada en el año 2013 al corredor Santander de Quilichao – Rumichaca, que incluyó el tramo Pasto – Rumichaca, en el cual se encuentra localizada la UF4.

En la Auditoría se identificaron los siguientes aspectos:

- ❖ Condiciones Climáticas. En el tramo se describen condiciones de precipitación y nubosidad altas.
- ❖ Características geométricas, en cuanto a anchos de carriles y bermas (3.65m y 0.5 m respectivamente), pendientes máximas (7%), radio de curvatura e identificación de asentamientos de población, para el sector se identificaron Pedregal, Tangua y Catambuco.
- ❖ Accidentalidad. De acuerdo a datos de accidentalidad de los años 2011 y primeros meses del año 2012 no se registran puntos negros en el tramo Pasto – Rumichaca. No obstante según análisis de índices de peligrosidad y mortalidad se identificó que el sector de mayor índice de peligrosidad se encuentra localizado en el PR 73+950 a PR 80+750.
- ❖ Tráfico. Con base en toma de información y registros del peaje El Placer se obtuvo información de TPD del año 2012 para el sector Pedregal – Pasto de 5636 veh (29.1 % pesados). Nivel de servicio D.

Como resultado de la ASV se propone un Plan de Intervenciones para el mejoramiento de la vía, con lo cual se considera se incrementará la seguridad del tramo. Las actuaciones que se consideraron fueron las siguientes:

- ❖ Cumplir con lo establecido en el ley 105 en lo que se refiere a la sección mínima que debe tener una calzada la cual para mantener una velocidad de 80 Kph, carriles de 3.65m cada uno, 1.50 m de berma y un IRI de 2.5 m/km.
- ❖ Corte de la vegetación que invada la berma y evite la visibilidad de las señales
- ❖ Protección de estructuras que estén cerca de la Berma con señalamiento especial para su identificación y seguridad del conductor.
- ❖ Regularizar el estacionamiento en puntos conflictivos.
- ❖ Complementar el señalamiento vertical conforme a Normatividad actual, así como el horizontal

---

<sup>3</sup> Contrato No 2121825 CONSULTORÍA ESPECIALIZADA PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE CONCESIONES VIALES PARA EL GRUPO DE CARRETERAS 2 CENTRO OCCIDENTE. CORREDORES: (1) DOBLE CALZADA IBAGUE- LA PAILA. (2) DOBLE CALZADA BUGA- BUENAVENTURA. (3) SANTANDER DE QUILICHAO – CHACHAGÚI – PASTO-RUMICHACA DOCUMENTO E - AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL

- ❖ En casos necesarios se deberá proyectar estructuras para estabilización de taludes y/o terraplenes, o algún sistema que resulte después de su evaluación o análisis.

## 7.2 ANALISIS DE SEGURIDAD VIAL CON PROYECTO

### 7.2.1 Accidentalidad

De acuerdo con los datos de accidentalidad reportados en el periodo 28 de Octubre del 2015, fecha de inicio de operación por parte de la Concesionaria Vial Unión, y el 10 de Marzo del 2016, (meses aproximadamente) se han presentado 108 accidentes en la vía Rumichaca – Pasto. Las causales de la accidentalidad presentada, están en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1 Causales de accidentalidad Pedregal - Pasto

Tipo de Accidente	No.	%	Fallecidos	%	Heridos Graves	%
Moto ciclistico	40	37%	1	17%	33	72%
Colisión vehicular	31	29%	3	50%	6	13%
Salida de Calzada	29	27%			1	2%
Atropellamiento	4	4%	2	33%	3	7%
Volcamiento	4	4%			3	7%
Total	108		6		46	

Del total de accidentes reportados en el período se observa que el mayor porcentaje están relacionados con Motociclistas y colisión vehicular (66%), estas causas generalmente están asociadas a fallas humanas. Otra causa y que representa un alto porcentaje de accidentes (29%), corresponde a Salida de la calzada, posiblemente por aspectos geométricos de la vía.

A partir de la información anterior se identificaron los sectores de mayor accidentalidad, según se muestra en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2 Sectores con mayor accidentalidad Pedregal - Pasto

Sector		No. Accidentes	%	No. Accidentes		
				con Fallecidos	con Heridos Graves	con Heridos Leves
PR 0 -	PR 9	4	4%	1		1
PR 10 -	PR 19	10	9%		1	2
PR 20 -	PR 29	15	14%		4	2
PR 30 -	PR 39	6	6%		3	1
PR 40 -	PR 49	21	19%	1	10	
PR 50 -	PR 59	23	21%	1	9	3
PR 60 -	PR 69	17	16%		7	1
PR 70 -	PR 83	12	11%	1	1	2
Total		108		4	35	12

La mayor accidentalidad se presenta entre PR 40 y PR 59, correspondiente al sector final del Trayecto Rumichaca – Pedregal y del Trayecto Pedregal – Tanga, y en menor incidencia en el

sector PR 60 a PR 83, este último sector coincidente con los resultados de accidentalidad de la ASV adelantada en el 2013. Según este registro se identificaron dos sectores adicionales de accidentalidad, del PR 40 a PR 49 y del PR 50 a PR 59.

Esta condición se presenta para la condición actual sin proyecto. Al respecto y dado el antecedente de accidentalidad se deben revisar las condiciones de señalización, geométricas y de aspecto cultural en los sectores de accidentalidad e implementar medidas tales como:

- ❖ Refuerzo de señalización vertical y horizontal
- ❖ Implementar barreras de condición vehicular
- ❖ Campañas de Seguridad vial con los usuarios de la vía

### **7.2.2 Obras Implantación Segunda Calzada**

Con las obras de la segunda calzada se da solución en general a los aspectos de seguridad vial identificados en la ASV, a saber:

- ❖ Sección vial con dos calzadas, dos carriles por sentido de 3.65m, bermas externa de 1.8 m y berma interna de 0.5m, velocidad de diseño 60 kph.
- ❖ Facilita el adelantamiento, dado que se tiene calzada separadas por sentido, eliminando la posibilidad de accidentes por choque frontal.
- ❖ Fluidez al tráfico.
- ❖ Disposición de señalización y los sistemas de barreras de contención adecuados y normativos para la solución de doble calzada.
- ❖ Implementación de puentes peatonales para permitir el cruce de un margen a otro de la vía de modo seguro.
- ❖ Implementación de paraderos
- ❖ Obras de estabilización de taludes de corte mediante pernos y/o tendones de anclaje y concreto lanzado.
- ❖ Manejo de agua en taludes mediante disposición de zanjas de coronación, drenes longitudinales.
- ❖ Instalación en taludes de biomanto
- ❖ Con el diseño renovación completa del sistema de drenaje y del pavimento de la vía

### **7.2.3 Zonas Libres de Obstáculos e Implementación de Barreras de Contención**

Respecto a la definición de zonas de Seguridad o zonas despejadas del proyecto, corresponde a la superficie que bordea los costados de la vía, disponible para el uso seguro de los vehículos

(errantes) que podrían salirse de la vía. Esta zona se mide desde el borde de la calzada y el derecho de vía. En esta zona se encuentran incluidos: bermas, terrenos colindantes, separadores, instalaciones, estructuras y obras de drenaje entre otros<sup>4</sup>.

Las zonas de seguridad son zonas que en lo posible deben mantenerse libres de las características que pudieran potencialmente ser peligrosas para los vehículos errantes. Los anchos efectivos de zona despejada dependen de la velocidad y volumen de tránsito, pendiente del talud y geometría del alineamiento.

Para el caso de la vía Pedregal – Pasto la zona despejada o zona libre mínima necesaria, considerando una velocidad de 60kpk y teniendo en cuenta que el TPD estimado para año 2015 es de 5.237 y el TPD estimado para el año 2040 es de 11.182 es de 4.5 m (Guía Técnica para el Diseño de las Zonas Laterales, para Vías más Seguras. República de Colombia Corporación Fondo de Prevención Vial. Septiembre 2012 – Tabla 29)

Determinando el ancho de zona libre de la vía, se identifican además los elementos potencialmente peligrosos localizados en la zona libre, que pueden afectar a los usuarios, con el fin de definir el método de mitigación, el cual se adopta como la implantación de barreras de contención vehicular, según los tratamientos propuestos en la Guía Técnica, de acuerdo con el peligro.

Los elementos potencialmente peligrosos localizados en las zonas libres se relacionan a continuación<sup>5</sup>:

- **Obstáculos adyacentes localizados longitudinales a la calzada (peligros continuos)**
  - ❖ Talud de terraplén. Teniendo en cuenta el talud de terraplén (1:1.5), la localización de barreras a partir de alturas mayores a 2 m (Según Roadside Design Guide. American Association of State Highway and Transportation Officials. 2006 Figura 5.1)
  - ❖ Talud Vertical (Precipicio). A partir de una altura mayor a 2 m, verificado a partir de la secciones transversales de la vía (Según Roadside Design Guide. American Association of State Highway and Transportation Officials. 2006 Figura 5.1)
  - ❖ Cabezales de obras de drenaje. Se adoptada la localización de barreras en situaciones donde el bordillo del cabezal sobresalga más de 15 cm respecto al nivel de la vía (Según Guía Técnica para el Diseño de las Zonas Laterales, para Vías más Seguras, Numeral 6.2 - Ficha 3)
  
- **Obstáculos adyacentes a la calzada (Peligros discontinuos)**
  - ❖ Soportes no rompibles de señales de tránsito tipo pasacalle y luminarias
  - ❖ Postes S.O.S.

<sup>4</sup> Ver “Roadside Design Guide. American Association of State Highway and Transportation Officials. 2006” y la “Guía Técnica para el Diseño de las Zonas Laterales, para Vías más Seguras. República de Colombia Corporación Fondo de Prevención Vial. Septiembre 2012”

<sup>5</sup> Tomados de las Tablas 34. 35 y 36 de la Guía Técnica para el Diseño de las Zonas Laterales.

- ❖ Pilas, estribos de puentes
- ❖ Edificaciones

Para mitigar los efectos de la presencia de los elementos anteriores en el proyecto se consideró dentro del proyecto la implementación de barreras de contención tipo defensas metálicas y la implementación de zonas libres de seguridad en zonas de la vía donde se unen los terraplenes de la vía con los rellenos no estructurales.

La definición de localización de defensas se tiene en cuenta en el diseño en el capítulo de señalización.

Las áreas aledañas perdonantes se tienen previstas en las siguientes abscisas:

- ❖ K19+950 a K20+310 Costado Izquierdo del proyecto
- ❖ K20+400 a K20+900 Costado Izquierdo del proyecto
- ❖ K22+300 a K22+760 Costado Izquierdo del proyecto
- ❖ K31+050 a K31+320 Costado Derecho del proyecto
- ❖ K31+9000 a K31+980 Costado Izquierdo del proyecto

Teniendo en cuenta que se construirán rellenos en los sectores anteriores, no se considera la colocación de barreras de protección (defensas metálicas) en esas abscisas.

## 8. DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN

### 8.1 SEÑALIZACIÓN VERTICAL

Teniendo en cuenta lo especificado en el Manual de Señalización Vial y las características geométricas de la Unidad Funcional se adoptaron las siguientes dimensiones para señalización vertical:

Señal Reglamentaria	Círculo de 75 cm de diámetro
Señal Reglamentaria SR-01	Octágono de 70 cm
Señal Reglamentaria SR-02	Triángulo equilátero de 90 cm de lado
Señal Reglamentaria SR-48	Rectángulo 112.5 cm x 75 cm
Señal Reglamentaria SR-38 y SR-39	Rectángulo 30 cm x 90 cm
Señal Reglamentaria SR-38 y SR-39	Rectángulo 198 cm x 75 cm
Señal Preventiva	Rombo de 75 cm x 75 cm
Señal Preventiva SP-75	Rectángulo de 50 cm x 170 cm
Señal Preventiva SP-54	Rectángulo de 25 cm x 40 cm
Señal Preventiva (placa adicional)	Rectángulo de 40 cm x 4 101.940 cm
Señal Delineador de Curva Horizontal	Rectángulo de 40 cm X 50 cm
Señal DOL	Rectángulo de 15 cm X 80 cm
Señal CHEVRON	Rectángulo de 30 cm X 80 cm
Señal Informativa	Cuadrado de 75 cm X 75 cm
Señal Informativa de identificación	Escudos de 75 cm de altura y 75 cm de ancho

Para el dimensionamiento de las Señales Informativas a Nivel, Bandera y Pasavías, se partió de las siguientes especificaciones:

Señales informativas a Nivel	Altura (cm)	Mayúsculas	15 cm
			Alfabeto Serie E
Señales informativas Elevadas	Altura (cm)	Mayúsculas	25 cm.

Utilización en Intersecciones.

Minúsculas

16.67 cm

Alfabeto Serie E

## 8.2 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

Teniendo en cuenta lo especificado en el Manual de Señalización Vial y las características geométricas de la Unidad Funcional se adoptaron los siguientes parámetros de señalización horizontal:

- ❖ Líneas de borde y líneas de carril de espesor 12 cm
- ❖ Patrón de una línea central de carril segmentada. Para n velocidad máxima menor o igual a 60kph, Patrón de 8 metros, relación de 3 a 5, Esto es 3 m demarcados y 5 m de brecha.
- ❖ Demarcación elevada (Tachas) en líneas de carril segmentadas y líneas de borde de carril, una separación normal entre tachas de 2P, esto es 16 m.
- ❖ Demarcación elevada (Tachas) en líneas de incorporación de carriles segmentados, una separación entre tachas de 2 m.

De acuerdo con el Apéndice Técnico 2, el suministro e instalación de los dispositivos de seguridad vial, demarcación horizontal y señalización vertical debe ser retroreflectiva con tecnología prismática tipo IX.

## 8.3 DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN

A partir del Diseño geométrico en planta y perfil, se procedió con el diseño de señalización, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- ❖ Señalización de aproximación a curvas.
- ❖ Señalización de alineamientos curvos con delineadores de curva horizontal.
- ❖ Señalización de reglamentación de velocidad.
- ❖ Señalización de Intersecciones
- ❖ Señalización de zona de Pejes
- ❖ Localización de barreras de contención vehicular

La localización de cada tipo de señal, dimensiones y contenidos se presentan en el Anexo 5

## 8.4 RESULTADOS DEL DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN

Como resultado del diseño, se emitieron planos de señalización de las vías. En el Anexo 2 se presentan los planos de Diseño de Señalización.

## 9. PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO

### 9.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS OBRAS A EJECUTAR

El proyecto corresponde al mejoramiento y duplicación de la calzada actual, que incluye intersecciones a nivel y desnivel, implementación de un peaje y construcción de retornos.

Las obras a ejecutar se consideran de alto impacto por el volumen de la obra a acometer. La obra consiste en:

- ❖ Duplicación de la calzada existente, conformando una doble calzada con dos carriles por sentido
- ❖ Construcción de Intersecciones a nivel y desnivel, retornos e implementación de un peaje
- ❖ Nivelación de rasantes, incluyendo rellenos en material seleccionado.
- ❖ Excavaciones de todo tipo.
- ❖ Construcción de pilotes y cimentaciones.
- ❖ Construcción de obras y estructuras en concreto reforzado, metálico o una combinación de los dos sistemas.
- ❖ Fundaciones para Muros de contención
- ❖ Construcción de puentes peatonales.

### 9.2 MAQUINARIA Y EQUIPO A UTILIZAR

En principio para la ejecución de las obras, se debe planificar la realización de los trabajos utilizando maquinaria y herramienta apropiada a las necesidades y a los rendimientos requeridos, tanto en eficiencia como en tiempo de ejecución de los trabajos.

Se estima que para esta obra se requerirán de los siguientes equipos y herramientas:

- ❖ Maquinaria pesada: Retroexcavadora, Motoniveladora, Vibro compactador, Grúas y Piloteadora.
- ❖ Maquinaria Ligera: Carro tanque irrigador, Volquetas, Mixer, Mini cargador tipo Bobcat.
- ❖ Herramienta menor.

### 9.3 PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO

#### 9.3.1 Manejo de Tránsito

El plan de manejo de tráfico durante construcción, se concibe por etapas de acuerdo con las zonas de obra disponibles.

Teniendo en cuenta las características de la vía, correspondiente a una calzada bidireccional, se plantea durante la obras la habilitación de una calzada de circulación bidireccional de 7 m de ancho.

El manejo de tráfico durante su construcción se plantea en tres etapas a lo largo de la vía, las cuales se podrán ir implementar por sectores o a lo largo de toda la Unidad Funcional, siempre y cuando se implemente la señalización de aproximación de obra.

#### Primera Etapa

Definición sobre la calzada actual de una calzada de circulación de 7 m de ancho de implementación de actividades de obra sobre el espacio restante del corredor.

Teniendo en cuenta lo anterior se realizará la señalización previa al inicio de las obras, las cuales se localizarán al borde de calzada.

Las obras según el proyecto, en esta etapa corresponden a la construcción de tramos de una y doble calzada, puentes, intersecciones y retornos.

#### Segunda Etapa

Una vez realizados los trabajos, sobre la nueva calzada construida se habilita una calzada de circulación, del mismo ancho sobre la zona ya intervenida y se traslada la circulación vehicular.

Igual que en la primera etapa se implementará la señalización previa a las obras, según las condiciones que se presenten.

Las obras según el proyecto, en esta etapa corresponden a la continuación de la construcción de tramos de una y doble calzada, puentes, intersecciones y retornos.

#### Tercera Etapa

En general para esta etapa se encontrarán trayectos en doble calzada que permitirán la habilitación de la circulación vehicular. No obstante, para esta etapa se planea la construcción de trayectos cortos para completar la doble calzada.

Teniendo en cuenta lo anterior se plantea la señalización de reducción y ampliación a una calzada, la cual debe ser complementada con la señalización vial definitiva de la vía.

La información del planteamiento de etapas y señalización de obra correspondiente se presenta en los Planos de Plan de Manejo de Tráfico.

### **9.3.1 Manejo de Tránsito por Sectores Específicos**

A continuación se presenta el Plan de Manejo de Tráfico por sectores de acuerdo con las obras que se pueden acometer.

#### **❖ K16+120 a K16+300**

En este sector en la primera etapa se mantendrá el flujo vehicular sobre la calzada existente, la cual es independiente del trazado proyectado y se iniciaran las obras sobre la calzada izquierda y derecha, construyendo todo el sector, hasta empalmar con los bordes de la vía actual.

Una vez se tenga finalizado el sector se habilita al tráfico la calzada izquierda del proyecto, previa ejecución de empalmes de la calzada de circulación de la Etapa 1 y se adelanta la construcción de los empalmes de la calzada derecha localizadas sobre la vía existente.

En la Etapa 3 se habilitará la circulación sobre la calda derecha y se adelantará la construcción de los empalmes de la calzada izquierda sobre la vía existente.

Para cada caso en el sector se implementará la señalización de aproximación de acuerdo con la condiciones de obra.

❖ **K16+400 a K16+700**

En este sector en la primera etapa se mantendrá el flujo vehicular sobre la calzada existente, la cual es independiente del trazado proyectado y se iniciaran las obras sobre la calzada izquierda y derecha, construyendo todo el sector.

Una vez se tenga finalizado el sector se habilita al tráfico la calzada izquierda del proyecto, previa ejecución de empalmes de la calzada de circulación del trayecto anterior y se adelantará la construcción de los empalmes de la calzada derecha localizadas sobre la vía existente.

En la Etapa 3 se habilitará la circulación sobre la calda derecha y se adelantará la construcción de los empalmes de la calzada izquierda sobre la vía existente.

Para cada caso en el sector se implementará la señalización de aproximación de acuerdo con la condiciones de obra.

❖ **K16+700 a K17+100**

En este sector en la primera etapa se mantendrá el flujo vehicular sobre la calzada existente, la cual corresponde con la calzada derecha del proyecto y se iniciaran las obras sobre la calzada izquierda construyendo todo el tramo.

Una vez se tenga finalizado el sector se habilita al tráfico la calzada izquierda del proyecto hasta aproximadamente K16+900 donde conecta con la calzada existente nuevamente y se adelanta la construcción de la calzada derecha.

En la Etapa 3 se habilitará la circulación sobre la calda izquierda y se adelantará la construcción del tramo restante de calzada derecha entre el K16+900 al K17+100.

Para cada caso en el sector se implementará la señalización de aproximación de acuerdo con la condiciones de obra.

❖ **K17+100 a K17+600**

En este sector en la primera etapa se mantendrá el flujo vehicular sobre la calzada existente, la cual es independiente del trazado proyectado y se iniciaran las obras sobre la calzada izquierda y derecha, construyendo todo el sector, hasta empalmar con los bordes de la vía actual.

Una vez se tenga finalizado el sector se habilita al tráfico la calzada izquierda del proyecto, previa ejecución de empalmes de la calzada de circulación de la Etapa 1 y se adelanta la construcción de los empalmes de la calzada derecha localizadas sobre la vía existente.

En la Etapa 3 se habilitará la circulación sobre la calzada derecha y se adelantará la construcción de los empalmes de la calzada izquierda sobre la vía existente.

Para cada caso en el sector se implementará la señalización de aproximación de acuerdo con la condiciones de obra.

❖ **K17+600 a K18+050**

En este sector en la primera etapa se mantendrá el flujo vehicular sobre la calzada existente, la cual corresponde con la calzada izquierda del proyecto y se iniciaran las obras sobre la calzada derecha construyendo todo el tramo.

Una vez se tenga finalizado el sector se habilita al tráfico la calzada derecha del proyecto donde conecta con la calzada existente nuevamente y se adelanta la construcción de la calzada izquierda.

En la Etapa 3 se habilitará la circulación sobre la calda izquierda, previa adecuación de transición de circulación de la calzada derecha a izquierda en el K17+800. Lo anterior con el fin de permitir la construcción de empalmes de la calzada derecha en el sector del K18+050 y K18+240 al K18+400.

Para cada caso en el sector se implementará la señalización de aproximación de acuerdo con la condiciones de obra.

❖ **K18+050 a K18+230**

En este sector en la primera etapa se mantendrá el flujo vehicular sobre la calzada existente, la cual es independiente del trazado proyectado y se iniciaran las obras sobre la calzada izquierda y derecha, construyendo todo el sector.

Una vez se tenga finalizado el sector se habilita al tráfico la calzada derecha del proyecto, previa ejecución de empalmes de la calzada de circulación del trayecto anterior, lo anterior con el fin de dar continuidad con las obras de la Etapa 2 del sector anterior y posterior de obra.

Para cada caso en el sector se implementará la señalización de aproximación de acuerdo con la condiciones de obra.

❖ **K18+230 a K20+300**

En este sector en la primera etapa se mantendrá el flujo vehicular sobre la calzada existente, la cual corresponde con la calzada izquierda del proyecto y se iniciaran las obras sobre la calzada derecha construyendo todo el tramo que incluye la construcción de un retorno vehicular entre las abscisas K19+000 a K19+980 aproximadamente. Igualmente construcción de parte de la calzada izquierda entre el K19+800 al K20+300

Una vez se tenga finalizado el sector se habilita al tráfico la calzada derecha del proyecto donde conecta con la calzada existente nuevamente y se adelanta la construcción de la calzada izquierda.

En la Etapa 3 se habilitará la circulación sobre la calda izquierda del proyecto. Lo anterior con el fin de dar continuidad a la construcción planteada para el sector siguiente de obra. No obstante lo anterior se puede considerar la habilitación de la doble calzada en el trayecto.

Para cada caso en el sector se implementará la señalización de aproximación de acuerdo con la condiciones de obra.

❖ **K20+300 a K20+800**

En este sector en la primera etapa se mantendrá el flujo vehicular sobre la calzada existente, la cual corresponde con la calzada izquierda del proyecto y se iniciaran las obras sobre la calzada derecha completando todo el tramo.

Una vez se tenga finalizado el sector se habilita al tráfico la calzada derecha del proyecto donde conecta con la calzada existente nuevamente y se adelanta la construcción de la calzada izquierda.

En la Etapa 3 se habilitará la circulación sobre la calda izquierda del proyecto. Lo anterior con el fin de dar continuidad con el Plan de Manejo planteado para el sector siguiente de obra.

Para cada caso en el sector se implementará la señalización de aproximación de acuerdo con la condiciones de obra.

❖ **K20+800 a K20+900**

En este sector en la primera etapa se mantendrá el flujo vehicular sobre la calzada existente, la cual es independiente del trazado proyectado y se iniciaran las obras sobre la calzada izquierda y derecha, construyendo todo el sector.

Una vez se tenga finalizado el sector se habilita al tráfico la calzada derecha del proyecto, previa ejecución de empalmes de la calzada de circulación del trayecto anterior, con el fin de dar continuidad con las obras de la Etapa 2 del sector anterior y posterior de obra.

En la Etapa 3 se habilitará la circulación sobre la calda izquierda. Lo anterior con el fin de permitir la construcción de empalmes de la calzada derecha en este sector.

Para cada caso en el sector se implementará la señalización de aproximación de acuerdo con la condiciones de obra.

❖ **K20+900 a K21+550 y K21+800 a K22+170**

En este sector en la primera etapa se mantendrá el flujo vehicular sobre la calzada existente, la cual corresponde con la calzada izquierda del proyecto y se iniciaran las obras sobre la calzada derecha completando todo el tramo.

Una vez se tenga finalizado el sector se habilita al tráfico la calzada derecha; y se construirá la calzada izquierda del proyecto.

Para cada caso en el sector se implementará la señalización de aproximación de acuerdo con la condiciones de obra.

❖ **K21+550 a K21+800**

En este sector en la primera etapa se mantendrá el flujo vehicular sobre la calzada existente, la cual es independiente del trazado proyectado y se iniciaran las obras sobre la calzada izquierda y derecha, construyendo todo el sector.

Una vez se tenga finalizado el sector se habilita al tráfico la calzada derecha del proyecto, previa ejecución de empalmes de la calzada de circulación del trayecto anterior, con el fin de dar continuidad con las obras de la Etapa 2 del sector anterior y posterior de obra.

La Etapa 3 de este sector se implementa con los dos sectores anteriores, considerando la habilitación de un tramo de doble calzada entre el K21+300 al K22+000.

Para cada caso en el sector se implementará la señalización de aproximación de acuerdo con la condiciones de obra.

❖ **K22+170 a K22+700**

En este sector en la primera etapa se mantendrá el flujo vehicular sobre la calzada existente, la cual corresponde con la calzada derecha del proyecto y se iniciaran las obras sobre la calzada izquierda completando todo el tramo.

Una vez se tenga finalizado el sector se habilita al tráfico la calzada derecha del proyecto.

Para cada caso en el sector se implementará la señalización de aproximación de acuerdo con la condiciones de obra.

❖ **K22+700 a K24+200**

En este sector en la primera etapa se mantendrá el flujo vehicular sobre la calzada existente, la cual es independiente de las calzadas del proyecto. Se iniciaran las obras sobre las calzadas proyectadas construyendo todo el tramo que incluye un retorno vehicular.

Una vez se tenga finalizado el sector se habilita al tráfico la calzada derecha del proyecto para dar continuidad al plan de manejo de trafico planteado para el tramo anterior y posterior

Para cada caso en el sector se implementará la señalización de aproximación de acuerdo con la condiciones de obra.

❖ **K24+200 a K27+600**

En este sector en la primera etapa se mantendrá el flujo vehicular sobre la calzada existente, la cual corresponde con la calzada izquierda, excepto en el subsector K27+050 a mK27+200, donde el proyecto es independiente de la calzada existente. Se iniciaran las obras sobre la calzada derecha completando todo el tramo, incluyendo la construcción de un retorno y sector completo del K27+050 a K27+200.

Una vez se tenga finalizado el sector, en la segunda etapa se habilita al tráfico la calzada derecha del proyecto y se ejecuta la construcción de la calzada izquierda.

Para cada caso en el sector se implementará la señalización de aproximación de acuerdo con la condiciones de obra.

❖ **K27+600 a k32+500**

En este sector en la primera etapa se mantendrá el flujo vehicular sobre la calzada existente, la cual corresponde en algunos trayectos con la calzada izquierda o derecha del proyecto, excepto en el subsector K29+300 a K29+600, donde el proyecto es independiente de la calzada existente. Se iniciaran las obras sobre la calzada derecha y/o izquierda completando todo el tramo, incluyendo la construcción de un retorno y sector completo del K28+800 a K29+400.

En Segunda etapa se trasladará el tránsito a las calzadas construidas y se ejecutaran las obras sobre la calzada existente.

La Etapa 3 de estos últimos sectores se plantea considerando la habilitación de trayectos en doble calzada, para intervenir sectores puntuales de empalmes de calzadas.

Para cada caso en el sector se implementará la señalización de aproximación de acuerdo con la condiciones de obra.

Nota: La señalización que se plantea en cada caso corresponde a la señalización de aproximación a la obra, no obstante cuando se estén ejecutando actividades particulares de obra relacionadas con detonaciones en taludes de corte y/o ejecutando trabajos de excavaciones profundas, esta señalización debe ser complementada con la señalización preventiva asociada a este tipo de obras, cuya señalización tipo de aproximación se presenta en los planos de señalización tipo. Ver Anexo 2

### 9.3.2 Manejo de Peatones

En la zona de obra de cada vía se habilitarán senderos peatonales, para que los vecinos puedan entrar o salir de sus hogares.

### 9.3.3 Señalización

La Señalización Temporal se colocará durante la construcción del Proyecto. La función de la señalización en esta etapa es la de guiar al tránsito a través de la carretera en construcción donde se interrumpirá el flujo continuo, el cual debe ser orientado para la prevención de riesgos, tanto de los usuarios como del personal que trabaja en la vía.

Estas señales son temporales y su instalación se realizará previamente al inicio de la construcción, permanecerá el tiempo que duren los trabajos y serán retiradas cuando la vía esté completamente habilitada al tránsito.

La señalización en la etapa de construcción se referirá a los siguientes temas:

- ❖ Prevención de Riesgos
  - Señalización a ubicarse en cada frente de obra activo, de acuerdo a la planificación de ejecución de las obras, y por lo tanto sujeta a ser removida y reubicada con frecuencia.
  - Señalización de sitios de minas, plantas, escombreras, campamentos, bodegas, plataformas, etc.
  - Señalización sobre eventos, tales como interrupciones programadas para facilitar la construcción o evitar accidentes, restricciones de uso, con los correspondientes horarios o calendarios, según fuera necesario.
  
- ❖ Orientación General:
  - Letreros con Datos del Proyecto: programa, contratista, longitud.
  - Normas de respeto al ambiente, higiene, recomendaciones de comportamiento, precaución general, etc.

En la zona de obra se contemplan los siguientes tipos de señales y elementos:

- Señales Verticales: Preventivas, Reglamentarias, Informativas
- Dispositivos de Canalización: Para delimitar las superficies disponibles para el tránsito, guiar a los conductores y peatones a través de la zona de trabajo, y aislar las áreas de obra.
- Demarcación. Para regulación, prevención y guía de los usuarios aledaños a la zona de obra.
- Áreas de obra

Durante la noche, se deben utilizarán flashers y/o señalización luminosa, con el fin de dar mayor seguridad a los usuarios de la vía.

### 9.3.3.1 Señales Preventivas

Tienen por objeto advertir al usuario de la vía la existencia de una condición peligrosa y la naturaleza de ésta. Estas señales se identifican por el código SP. Se utilizarán señales de 60 cm de tamaño, o según se indiquen en los esquemas tipo de señalización, con fondo naranja, orla negra, símbolo y letras en color negro.

### 9.3.3.2 Señales Reglamentarias

Las señales reglamentarias, tienen por objeto advertir al usuario de la vía las limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre su uso. Estas señales se identifican por el código SR. La violación a las indicaciones de una señal reglamentaria acarreará las sanciones previstas en el Código Nacional de Tránsito. Deben ser de 60 cm de tamaño, con fondo blanco, orla roja, símbolo y letras en color negro.

### 9.3.3.3 Otros Dispositivos a Utilizar

**Barricadas.** Las barricadas de tipo fijo o móvil, estarán formadas por bandas o listones horizontales de longitud de 2.4 m, y 0.20 m de altura, separadas por espacios iguales a sus alturas. La altura de cada barricada será de 1.50 m. Las bandas horizontales se pintarán con franjas alternadas blancas y anaranjadas, reflectivas, formando ángulo de 45 grados con la vertical.

**Cerramiento de Zona de Obra.** Con el fin de aislar las zonas demarcadas para la ejecución de los trabajos, se utilizará se utilizará balizas plásticas color naranja con paral de tres (3) pulgadas y tres (3) cintas blancas reflectivas tipo IV, estacones plásticos o poliméricos de tres (3) pulgadas de diámetro color naranja y tres (3) franjas blancas reflectivas tipo IV, y en estos se colocará malla o polisombra de color naranja de 1,50 metros de altura (no se acepta cinta para demarcación), con lo cual se garantiza un efectivo cerramiento que brinda mayor seguridad a transeúntes y trabajadores.

La demarcación perimetral de las zonas de trabajo busca restringir la circulación de personas ajenas a las obras disminuyendo así los riesgos de accidentalidad. Para evitar la reducción de la capacidad de circulación de peatones por andenes y zonas peatonales en general, así como el deterioro de las zonas verdes y jardines, en estos espacios debe utilizarse estacones en lugar de balizas.

Los Planes de Manejo de Tráfico se plantearon de manera general de acuerdo a la Etapa de Intervención, considerando la señalización necesaria como sí los sectores de intervención de cada Etapa se ejecutan simultáneamente, no obstante, esta puede ser implementada (en cada etapa) gradualmente según el avance de la obra.

## 9.3.4 **Especificaciones y Adecuaciones Temporales de Desvíos**

Corresponden a las adecuaciones necesarias en aquellos casos cuando se da continuidad al tránsito pasando la circulación de la calzada existente a tramos de nueva calzada (izquierda o derecha) y viceversa.

En este sentido se debe garantizar sobre la vía, siempre y bajo cualquier condición, una capacidad vial mínima, correspondiente a dos carriles de circulación, uno por sentido, en todo caso considerando un ancho de carril mínimo de 3.5 m.

Previo a la apertura al tráfico del desvío, se debe realizar una adecuación de manera tal que se mantengan o mejoren las condiciones del pavimento existente.

De acuerdo con el desvío se implementará la señalización vertical y horizontal de aproximación necesaria.

Durante la ejecución de las obras se debe realizar mantenimiento al desvío con el fin de permitir condiciones seguras de circulación.

#### **9.4 DESVÍOS TIPO**

En este ítem se plantea el flujo vehicular en el desarrollo de las obras, de tal manera que las actividades a realizar propias del objeto del contrato se realicen generando los impactos mínimos.

Teniendo en cuenta lo anterior se presentan tratamiento propuesto para cada uno de los componentes del tráfico dada la zona a intervenir de acuerdo con sus características, indicando la señalización requerida para cada caso, manipulación de la maquinaria y materiales y gestión comunitaria para cada etapa de construcción.

La señalización tipo de acuerdo a las obras que se vayan a ejecutar son las siguientes:

- ❖ Obras en la berma y costado lateral de la calzada
- ❖ Obras sobre un carril de la calzada
- ❖ Acceso a fuente de materiales o zonas de depósito
- ❖ Cierre de la calzada y divergencia de la vía
- ❖ Señalización de aproximación en zonas de excavación profunda
- ❖ Señalización de aproximación en zonas de detonación

#### **9.5 INFORMACIÓN Y DIVULGACIÓN DEL PLAN**

Para la mitigación de los impactos, se establecerán acercamientos con los usuarios y la comunidad en general utilizando herramientas de difusión conformadas por reuniones, avisos de prensa, mensaje radial, volantes y el plan de señalización; adicionalmente, dentro de los mecanismos de divulgación directa en la zona para el que se cuenta con el apoyo de auxiliares de tránsito y bandereros quienes, previa instrucción, colaborarán orientando tanto a peatones como a conductores.

##### **9.5.1 Volantes**

Esta herramienta es muy útil porque llega directamente a los usuarios de las vías, en el momento en que precisamente las están utilizando. Estos volantes están dirigidos a dos usuarios principalmente: transporte privado y transporte público.

##### **9.5.2 Mensaje radial**

Antes de iniciar la construcción, se emitirá por una emisora de amplia sintonía local, un mensaje radial en el cual se informe a los usuarios habituales de la vía del inicio de las obras, horarios de circulación vehicular y de las soluciones propuestas al tráfico, señalización y seguridad vial temporal.

## 9.6 PROCESO PARA LA PUESTA EN MARCHA

Una vez se haya aprobado el Plan de Manejo de Tránsito, se procederá a señalar de acuerdo a lo indicado en los planos, es decir se instalarán todas las señales preventivas, reglamentarias e informativas, con ayuda de cinta de seguridad, colombinas y conos se cerrará las vías a Intervenir.

## 9.7 RESPONSABLE DE AJUSTES DE CAMPO

Se debe tener en cuenta que el Plan de Manejo de Trafico corresponde a un planteamiento general, el cual requerirá ajustes de acuerdo con el avance de las obras. Estos ajustes deben ser proyectados requieran serán proyectados y presentados por el Contratista durante construcción a la Interventoría para que esta a su vez realice las observaciones y aprobaciones respectivas.

En el Anexo 2 se presentan los planos de Plan de Manejo de Tráfico.

## 10. SISTEMAS INTELIGENTES APLICADOS AL TRANSPORTE

Según los apéndices técnicos 1 “Alcance del proyecto”, 2 “Condiciones para la operación y mantenimiento” y 3 “Especificaciones generales” del contrato de Concesión, los sistemas inteligentes aplicados al transporte (ITS por sus siglas en inglés) para esta UF son:

- ❖ Postes S.O.S.
- ❖ Paneles de mensaje variable (PMV).
- ❖ Cámaras CCTV.
- ❖ Estación de toma de datos
- ❖ Red de fibra óptica para integración de los sistemas y control distribuidos en carretera con el Centro de Control de Operaciones (CCO).

Los sistemas ITS serán distribuidos, teniendo cada uno distintas funciones. Para la concentración de la información y su transmisión al Centro de Control de Operación (CCO) de la Concesión vial se contempla un enlace de los sistemas con el CCO a través de un nodo de conexión dispuesto en las oficinas de la estación de peaje ubicada en la UF4.

Los equipos serán aptos para operar en las condiciones ambientales del sitio de instalación. Soportarán temperaturas ambiente de -10 °C a 30 °C, con la radiación solar máxima que se presente en la zona, humedad relativa del 90% no condensada y lluvias frecuentes con posibilidad de granizo.

En la Tabla 10.1 se presenta la localización de los elementos ITS para este tramo.

Tabla 10.1 Sistemas inteligentes de transporte en la vía

Descripción	Abscisa de ubicación (km)	Costado de la vía (sentido Tangua - Pasto)
Postes SOS	16+060	Derecho
	19+530	Izquierdo
	22+286	Derecho
	25+047	Izquierdo
	28+118	Derecho
	31+117	Izquierdo
Paneles de mensaje variable	32+662	Derecho
Estaciones de toma de datos	20+080	Derecho
Cámaras de CCTV	20+050	Derecho
	32+662	

### 10.1 POSTES S.O.S.

El sistema de telefonía de emergencia por postes S.O.S. permitirá la comunicación a lo largo de todo el tramo Tangua - Pasto con la central S.O.S. ubicada en el Centro de Control de Operaciones de la vía (CCO). Está contemplado para permitir una comunicación bidireccional con los conductores en casos de incidentes en carretera como son:

- ❖ Accidentes
- ❖ Averías
- ❖ Cortes de carretera
- ❖ Emergencias

Los postes estarán instalados separados máximo 3 km entre sí, alternadamente sobre las bermas externas a lado y lado de la vía. La ubicación de los postes S.O.S. será realizada en sobre anchos que permitan el estacionamiento seguro de vehículos.

Dado que la vía actual cuenta con postes S.O.S. en buen estado, cuya cantidad cumple con lo solicitado por la ANI, se reubicarán los postes S.O.S. existentes en los sitios mostrados en los planos en el tramo de carretera en el que se construirá la segunda calzada.

Para la incorporación de la red de telefonía vial de emergencia a la Concesión, el suministrador de la red de fibra óptica proveerá los módulos de comunicación o gateways de fibra óptica que sirvan como interfaz entre los módulos inalámbricos existentes (GSM/GPRS) y la nueva troncal de comunicaciones a ser instalada en la UF, garantizando así correcta integración del sistema de postes SOS existente a la red de fibra óptica de la carretera (backbone).

La conexión a estos equipos se realizará por medio de distribuidores de fibra óptica instalados al interior del armario propio de los postes S.O.S o por medio del uso de cajas de empalme con protección IP67 al interior de las arquetas más cercanas a cada poste.

En el CCO los equipos para monitoreo y gestión existentes de la red de postes SOS serán conectados a la red de fibra óptica del sistema de comunicaciones por medio de un switch central, con el fin incorporar los postes SOS en la vía con el CCO. En el CCO se usarán los equipos del sistema existente.

## 10.2 SISTEMA DE PANEL DE MENSAJE VARIABLE

Los paneles de señalización variable serán usados para dar información a los usuarios acerca del estado de la carretera, obras, condiciones meteorológicas, actualizaciones del estado de los carriles o imprevistos que se puedan presentar.

En la UF 5 se tendrá un panel de mensaje variable, en el tramo Catambuco – Tangua, en el K31+700 en la Variante de Catambuco. El panel se instalará en una estructura tipo pórtico o en una banderola, de forma que cubra ambos carriles.

El panel tendrá dimensiones de 6 m de ancho por 2,5 m de alto. El panel estará constituido por una o dos zonas gráficas full color y una zona alfanumérica de dos o tres líneas de 12 caracteres.

El panel de mensaje variable estará compuesto internamente por los siguientes sistemas:

- Fuentes de alimentación
- Ventilación
- Comunicación
- Placas visualizadoras de LEDs
- CPU

Los paneles de mensajes variables tendrán como mínimo las siguientes características:

- Tecnología LED de alta intensidad
- Mensajes variables programables
- Facilidad de mantenimiento

Adicionalmente, los paneles serán herméticamente cerrados a prueba de polvo y humedad (protección IP 65). Tendrán resistencia mecánica para soportar las fluctuaciones de presión generadas por la circulación de vehículos y resistencia a la corrosión producida por los gases de escape de los vehículos. Los paneles tendrán medios de drenaje y de ventilación.

Los paneles contarán con un sistema de control interno el cual permitirá la supervisión y control del panel. El sistema de control embebido permitirá como mínimo:

- Autodiagnóstico de funcionamiento y operación
- Control de luminosidad
- Control de temperatura
- Control y evacuación de humedad
- Comunicación remota

El sistema de control generará como mínimo las siguientes alarmas al Centro de Control de Operaciones (CCO):

- Falla del sistema de ventilación
- Falla en alimentación
- Fallo en comunicación
- Fallo en sensores de luminosidad

Los mensajes podrán ser transmitidos desde el Centro de Control de Operaciones (CCO), pudiendo tener mensajes predefinidos, mensajes definidos por el operador o información tomada de los sensores meteorológicos a ser ubicados en el peaje de la UF4. La información se transmitirá a través de la red en fibra óptica del sistema de comunicaciones. El panel de mensaje variable permitirá la transferencia de los datos hacia el CCO, para lo cual contará con el puerto de comunicaciones adecuado, o en su defecto, con la unidad de conversión necesaria para conectarse con la red de fibra óptica del sistema de comunicaciones.

Serán suministrados todos los elementos necesarios, postes, soportes y cajas para su instalación y puesta en funcionamiento del panel.

Los paneles serán seleccionados para que sean claramente visibles con la iluminación normal de un día claro y en operación nocturna. Se tendrán en cuenta las condiciones de vientos y lluvia presentes en la zona de instalación, de forma que la vida útil del panel no se vea reducida.

La alimentación de los equipos del sistema de panel de mensaje variable se realizará a través de la red eléctrica existente en la vía, en caso de disponibilidad en el sitio, o por medio de alimentación independiente con paneles solares y baterías, en caso que no sea posible conectarse a la red existente.

### 10.3 ESTACIONES DE TOMA DE DATOS

El sistema de control de tráfico hará parte de la operación y el seguimiento del tránsito y brindará la información acerca del estado del tránsito en el corredor vial en el tramo Tangua - Pasto. El sistema permitirá realizar un estimativo de la cantidad, velocidad y densidad del tráfico.

El sistema de control de tráfico contará con los siguientes elementos:

- Hardware para estaciones de tomas de datos.
- Tableros eléctricos para el alojamiento de equipos electrónicos y módulos de comunicación.
- Espiras para el conteo de tráfico y estimación de la velocidad.

En los puntos de control de tráfico se contará con un par de espiras por carril, embebidas en el pavimento, conectadas a un hardware de toma de datos, conformado por:

- Tarjeta de loops
- Unidad de proceso
- Módulo de comunicación

El hardware de toma de datos será instalado en un tablero apto para la intemperie. Las espiras y el hardware permitirán conocer como mínimo la siguiente información:

- La cantidad de vehículos que transitan por cada carril
- La velocidad aproximada de cada vehículo.

Así mismo el hardware de toma de datos permitirá generar como mínimo las siguientes alarmas:

- Congestión de carril
- Cambio de sentido en carril

La estación de toma de datos permitirá la transferencia de los datos hacia el CCO, para lo cual contará con el puerto de comunicaciones adecuado, o en su defecto, con la unidad de conversión necesaria para conectarse con la red de fibra óptica.

Los datos enviados al Centro de Control de Operaciones (CCO) serán recolectados, almacenados y procesados. Esta información podrá ser utilizada como referencia para que el personal de operación adopte las acciones en respuesta a los imprevistos y con propósitos estadísticos para la Concesión, la Interventoría y la ANI.

El sistema de control de tráfico operará con una indisponibilidad de máximo 2 días al año. La indisponibilidad indica el grado de ilegibilidad del panel.

La alimentación de los equipos del sistema de control de tráfico se realizará a través de la red eléctrica existente en la vía, en caso de disponibilidad en el sitio, o por medio de alimentación independiente con paneles solares y baterías, en caso que no sea posible conectarse a la red existente.

#### 10.4 SISTEMA DE CCTV

El sistema de circuito cerrado de televisión comprende la infraestructura y los equipos que permitirán realizar supervisión y vigilancia visual en tiempo real de los puntos de control de tráfico y en puntos críticos a lo largo del tramo Tangua - Pasto.

El circuito cerrado de televisión contará con las siguientes cámaras:

- Cámaras fijas de largo alcance con visión nocturna en puntos de control de tráfico de vehículos
- Cámaras móviles de largo alcance con visión nocturna en los puntos críticos de la carretera como curvas peligrosas, rectas largas y sitios de deslave.

Además de las cámaras, se tendrán equipos propios de un sistema de CCTV como son: la unidad de control con acceso remoto para el procesamiento de las imágenes y un grabador de video para el almacenamiento. Estos equipos serán los mismos que se utilizarán para el sistema de CCTV propio de la estación de peaje.

Todas las cámaras serán aptas para operar en la intemperie, provistas de un cerramiento (tipo caperuza o domo) que les permita una óptima operación en exteriores con altos contrastes de luz.

Las cámaras se conectarán a la red, controlándose desde ésta. La señal de video de todas las cámaras se llevará a través de la red de video en fibra óptica, con protocolo IP. Las cámaras contarán con puerto de fibra óptica o conversores de medio (eléctrico-ópticos) instalado junto a la cámara correspondiente.

Las cámaras tendrán como mínimo con las siguientes características:

- Las caras deberán ser claramente identificables para personas en un radio de 20 m de distancia alrededor del poste.
- Comunicación IP
- Filtro IR dinámico
- Autoiris
- Zoom óptico de 36X ó 26X
- Zoom digital de 18X.
- Alta velocidad de rotación
- Movimiento horizontal 360°
- Sincronización automática de línea
- IP66

Serán suministrados los equipos y/o interfaces necesarias para garantizar la alimentación de la cámara y la conexión a la fibra óptica del sistema de comunicaciones mediante conversores de medios.

Se suministrarán todos los soportes y accesorios para una adecuada protección y la correcta instalación de las cámaras para su instalación en postes. Los soportes estarán diseñados para resistir el peso de la cámara con su debida protección. Así mismo, los soportes serán compatibles para con los protectores de las cámaras y con un cabezal ajustable.

La alimentación de los equipos del sistema de CCTV se realizará a través de la red eléctrica existente en la vía, en caso de disponibilidad en el sitio, o por medio de alimentación independiente con paneles solares y baterías, en caso que no sea posible conectarse a la red existente.

Se contempla que este sistema sea integrado a la estación de gestión de CCTV que será instalada en el Centro de Control de Operación (CCO). Para este fin, se contempla que las imágenes de las cámaras de video sean centralizadas en la sala de comunicaciones de la estación de peaje, y que desde este punto se realice un enlace con el Centro de Control de Operación a través de la red de comunicaciones en fibra óptica.

Los diseños contemplan la recolección de las imágenes de las cámaras en el Centro de Control de Operación (CCO).

La ubicación de las cámaras móviles de largo alcance se deberá coordinar con las autoridades de Policía de carretera.

## **10.5 EQUIPOS PARA CONEXIÓN AL SISTEMA DE COMUNICACIONES**

### **10.5.1 Cajas Nema 4X**

Según la marca particular de equipos que sea suministrada, donde sean necesarios convertidores, serán suministradas las cajas para instalación de los convertidores electro-ópticos, mini ODF e interfaces de alimentación necesarios para la conexión de los equipos de los sistemas ITS a la red de comunicaciones por fibra óptica en el tramo Tangua - Pasto.

Las cajas serán aptas para instalación a la intemperie y en ambientes corrosivos. Las cajas serán suministradas con todos los accesorios requeridos para su instalación y contarán con todos los elementos necesarios para la fijación de los equipos que sean instalados dentro de éstas.

EL CONTRATISTA suministrador será el responsable del suministro, instalación, puesta en marcha y pruebas de todos los elementos que sean instalados en la caja.

### **10.5.2 Fuentes de alimentación**

Según los equipos particulares suministrados, se instalarán fuentes de alimentación que permitan transformar la tensión disponible en el sitio de instalación del equipamiento de ITS, ya sea a través de la red eléctrica o a través de los paneles solares y baterías, para adaptarla a los requerimientos particulares de cada equipo.

Las fuentes de alimentación serán instaladas en las cajas Nema 4X y contarán con elementos de protección contra sobretensión y sobrecorriente.

### **10.5.3 Fibra óptica para instalación en ductos de “última milla”**

Se suministrará, instalará, probará y se pondrá en servicio la fibra óptica para la conexión de los equipos de los sistemas ITS a la red de fibra óptica del sistema de comunicaciones, la cual será del tipo monomodo de 6 fibras, que cumpla con la recomendación ITU-G.652 y sea compatible con las características geométricas y de transmisión de la red troncal en fibra óptica a ser instalada en la carretera.

El cable de fibra óptica será tal que soporte curvaturas, tensiones mecánicas y contar con protección externa contra roedores, humedad y hongos. El radio de curvatura máximo de los cables permitirá su fácil instalación por ductos, canaletas, bandejas y por los accesos a los tableros o gabinetes. La fibra a suministrar tendrá en cuenta las presiones y tensiones a las cuáles se verá sometida en la instalación en tramos curvos de tritubo.

#### 10.5.4 Conversores de medios

Los conversores de medio electro-ópticos realizarán la conversión de la red 10/100/1000 en UTP proveniente de cámaras u otros dispositivos, a fibra óptica monomodo. Los conversores contarán con conectores UTP RJ45 de acuerdo con la norma ANSI TIA/EIA 568 B2.1 para categoría 6 y módulos 100BaseFX. Así mismo, los conversores serán aptos para montaje sobre superficie o sobre riel DIN. El conversor de medios tendrá LEDs para indicación de operación y alimentación.

Los conversores contarán con medios de protección contra sobrecorriente e inversión de polaridad, así como con capacidad de soporte de esfuerzos mecánicos de acuerdo con las normas IEC-60255-21-1 e IEC-60255-21-2 o IEC-60068-2-6 e IEC-60068-2-27 (Vibración y choque).

#### 10.5.5 Distribuidores de fibra óptica

Los distribuidores de fibra óptica se utilizarán en los extremos de los cables de fibra óptica para conexión con los equipos de los sistemas ITS. En estos se efectuará la terminación del cable de fibra óptica de manera que cada una de las fibras termine en un conector. Se considerará una longitud de fibra holgada que permita una fácil ejecución de los empalmes por fusión con el cable exterior. Los distribuidores se suministrarán con el respectivo bastidor autosoportado y serán instaladas adecuadamente en los gabinetes y cajas suministradas.

Las dimensiones de los ODFs considerarán el número de fibras de los cables y pigtails que conectan.

Los distribuidores contarán con las siguientes características:

- Vendrán pre-ensamblados, compatibles con los puertos de los equipos suministrados y contarán además con anillos de almacenaje de cable extra.
- Cubiertas traseras, delanteras y superiores removibles de tal manera que se tenga fácil acceso al cable y a los conectores.
- Cubiertas en plástico en cada uno de los conectores para protección.
- Dispositivos prensaestopas para acceso de los cables.
- Protección adecuada para los patchcords y para los pigtails.
- Aptas para realizar la fusión de las fibras incluyendo los protectores sólidos, adheridos por calentamiento, correspondientes, con un suministro de los accesorios requeridos, pigtails, conectores, bandejas, etc.

Los pigtails de fibra óptica contarán con las siguientes características:

- Vendrán ensamblados al conector en uno de sus lados

- Flexibles y resistentes a la corrosión
- Estabilidad ante las condiciones ambientales
- Desempeño óptico verificado al 100%

#### 10.5.6 Fusión de fibra óptica

El empalme de las fibras ópticas será por fusión, garantizando una atenuación no mayor de 0,1 dB, bidireccional, medidos con OTDR.

Se instalará un buffer de protección tipo tambor, para la fusión de cada una de las fibras ópticas, el cual abrazará la fusión y dará consistencia.

#### 10.5.7 Patch cords (Fibra Óptica)

Se suministrarán la cantidad de patch cords necesarios para conectar cada uno de los puntos de los ODF suministrados a lo largo del tramo Tangua - Pasto, más un 20% adicional del total.

Según los equipos específicos finalmente suministrados, se definirá el tipo de conector adecuado para la fibra óptica. En lo posible, se tendrán conectores homogéneos para toda la Concesión. El cable utilizado para estos patch cords tendrá las mismas características de desempeño nominales del cable de fibra óptica especificado.

Los patch cords tendrán un sistema que controle la tensión a la que se someten en el proceso de instalación y uso, el cual será parte integral del proceso de fabricación del patch cord.

Los patch cords deben ser originales de fábrica y para su administración serán debidamente numerados, de acuerdo con la norma ANSI TIA/EIA 606, utilizando materiales adhesivos que garanticen su resistencia y durabilidad.

La longitud de los patch cords será dimensionada de acuerdo a las condiciones de instalación.

Se suministrarán los patch cords de fibra óptica necesarios para el enlace de los equipos con la fibra óptica de la carretera.

#### 10.5.8 Patch cords UTP

Los patch cords para los puntos donde se disponga de conversores electro- ópticos para la conexión de los equipos de los sistemas ITS a la red de fibra óptica a lo largo del tramo Tangua - Pasto, estarán contruidos con conectores macho (*plugs*) tipo RJ-45 en ambos extremos. El cable utilizado para estos patch cords será de cable flexible (conductores *stranded*) de cobre en par trenzado.

Los patch cords deberán tener un sistema que controle la tensión a que se someten en el proceso de instalación y uso. Este sistema puede ser de anillo metálico en el interior del plug RJ-45, manga o capucha plástica externa o cualquier otro sistema diseñado para tal fin, el cual será parte integral del proceso de fabricación del patch cord.

Los patch cords serán originales de fábrica, de acuerdo con la norma ANSI TIA/EIA 568 B.2.1 categoría 6; para su administración estarán debidamente numerados, de acuerdo con la norma ANSI TIA/EIA 606, utilizando materiales adhesivos que garanticen su resistencia y durabilidad. Se seguirá el código de colores, azul para la transmisión de voz y rojo para la transmisión de datos.

La longitud de los patch cords será dimensionada de acuerdo a las condiciones de instalación.

### 10.5.9 Tableros

Se suministrarán los tableros necesarios para la instalación de los equipos de las estaciones de toma de datos, de acuerdo al sitio de montaje.

Los ensambles metálicos de estos elementos serán diseñados y construidos de acuerdo con la última edición de las normas ANSI-IEEE C37.20.1/2/3, C37.21 / NEMA ICS 6 -1993 (R2001); referente a los tableros para controles y sistemas industriales, con grado de protección IP65 apto para exteriores. El tablero deberá ser suministrado con un techo tipo "MK" (Marshalling Kiosk).

Los ensambles metálicos serán rígidos, reforzados, libres de abolladuras, rayones, huecos y defectos en general y serán indeformables por el peso de los equipos. Los bordes serán laminados formando un ángulo y las esquinas serán sopladas y pulidas suavemente.

Las puertas tendrán bisagras internas en la parte frontal y/o posterior de los tableros. Cada puerta tendrá cerraduras con pestillos en sus partes media, superior o inferior, accionadas por un solo mecanismo provisto con llave. Las puertas por el contorno en su parte interior tendrán empaquetaduras de caucho de neopreno.

Cada tablero tendrá una barra de cobre para conectar a tierra los equipos y el marco del tablero, con una sección suficiente para conducir la corriente de cortocircuito máxima.

Igualmente, cada tablero, llevará en su interior interruptores de puerta, un tomacorriente monofásico doble de dos polos para 20 A, 120 V c. a., 60 Hz, con terminal de tierra, tipo NEMA 5-20R y con su respectiva clavija NEMA 5-20P. La alimentación de los tableros se realizará a través de la red eléctrica existente en la vía, en caso de disponibilidad en el sitio, o por medio de alimentación independiente con paneles solares y baterías, en caso que no sea posible conectarse a la red existente.

Antes y después del ensamble, se inspeccionará el equipo para asegurarse de que el diseño y la mano de obra estén correctos.

Se suministrarán todos los elementos, materiales y repuestos necesarios para completar los trabajos en el campo, incluyendo todos los soportes de acero, bases para montaje en el piso, pernos de anclaje y cualquier pieza necesaria para fijación o para unir secciones.

Todos los tableros llevarán etiquetas de precaución en las puertas, además de su correspondiente etiqueta o marca de identificación, tal como lo establece el RETIE.

Los tableros serán apantallados, para evitar efectos EMI (Interferencia electromagnética).

## 10.6 SISTEMA DE COMUNICACIONES GENERAL

Se establecerá una red en fibra óptica que permita la recolección y centralización de la información de todos los sistemas distribuidos a lo largo de la UF5 del tramo vial Tangua - Pasto con el Centro de Control de Operaciones (CCO), para la transmisión de señales de voz, datos y video.

La información se centralizará en el Peaje El Placer y en el CCO. En el peaje se instalarán los equipos activos que recolectarán la información y permitirán la comunicación con la ANI.

La fibra óptica será monomodo, para instalación en tritubo con 48 hilos, con cajas (arquetas) para su instalación, empalme y mantenimiento como se presenta en los planos.

### 10.6.1 Materiales y estructuras para la instalación de elementos en la obra civil del sistema de comunicaciones

Las obras a ejecutar corresponden al tendido de un tritubo directamente enterrado en la zona de servicio paralelo a la vía, a lo largo de la misma, así como la instalación de arquetas, las cuales permitirán la inspección y halado de la fibra, así como el mantenimiento del sistema de comunicaciones.

#### 10.6.1.1 Obras para instalación del tritubo

Las obras para el tritubo serán ejecutadas paralelas a las calzadas de la vía en la zona de servicio, excepto donde se muestre lo contrario en los planos de planta.

La profundidad de las obras para el tritubo no será superior a 0,75 m y la distancia de la canalización a partir del eje de la vía será de al menos 6,5 m hacia la parte exterior, aunque sin estar por fuera de los 7,5 m donde termina la zona de servicio. La misma distancia se mantendrá en caso de no existir la zona de servicio. El ancho de la zanja estará entre 0,1 y 0,3 m.

El fondo de la zanja estará liso, libre de piedras, con un pequeño desnivel hacia cualquiera de sus extremos con el fin de evitar que el agua se deposite dentro de la tubería, obstruyéndola y atacando la cubierta de los cables.

La zanja contará con el tipo, espesor y ancho de rellenos que sea necesario para proteger el tritubo a tender dentro de las mismas, según los detalles presentados en los planos.

#### 10.6.1.2 Tritubo

El tritubo consiste en tres ductos de sección circular unidos longitudinalmente por una membrana flexible del mismo material, el diámetro exterior de cada tubo no será inferior a 50 mm y el espesor de sus paredes no será inferior a 3 mm.

El tritubo estará compuesto por tres ductos de polietileno de alta densidad para el alojamiento de la fibra óptica enterrada, en exteriores, el cual cumplirá con siguientes características:

- Diámetro exterior de cada ducto: al menos 50 mm
- Ovalidad: máximo 5%, dimensionamiento según Norma ASTM 2122-97
- Excentricidad: no mayor del 10%
- Resistencia mínima a la presión interna de 1,38 Mpa (200 psi)
- Resistencia a la Compresión Norma ASTM 2412
- Resistente a agentes químicos del suelo
- Resistencia al ataque galvánico
- Reversión longitudinal menor o igual al 3% Norma NTC 4908
- Durabilidad mayor a 50 años
- Flexible y liviano, peso menor a 1,5 kg/m
- Resistencia mínima al impacto de 39 Joules.

El tritubo será de polietileno de alta densidad (PEHD), que garantice una buena protección contra roedores y ambientes hostiles (salinos, ácidos, con hidrocarburos, aceites, disolventes, etc.). La constitución de los ductos será a partir de polietileno de alta densidad y fabricado de acuerdo a la norma de la ASTM D-3035.

El ducto contará con un prelubricado permanente (silicore) para facilitar las labores de instalación y halado de cable. Se utilizará resina 100 % virgen con un mínimo del 2% de negro carbón que servirá como protección al cable.

Se suministrarán e instalarán las uniones adecuadas para el tritubo, que eviten la penetración de humedad al interior de los ductos, sin que disminuyan el diámetro interior del ducto.

El ducto deberá resistir la presión del aire, para instalación de fibra óptica por el método de soplado, incluso en tramos curvos.

El tritubo tendrá los tapones herméticos de expansión, tapones con cable y termocontráctiles para protección de los ductos y evitar el ingreso de humedad y otros agentes externos.

También se buscará que garanticen una completa hermeticidad en toda su longitud especialmente en sus uniones; y presentará muy buena resistencia a la compresión, tracción y abrasión. El suministro será en tramos de al menos 400 m. En caso que el suministro sea en rollos, el carrete será desarmable. Para la instalación se pondrá el carrete en un portacarretes, de tamaño tal que permita su giro libremente.

Las tuberías de polietileno del tritubo estarán fabricadas bajo los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana NTC 4908 "Sistemas de tubos de polietileno para protección de cables de fibra óptica", con paredes exteriores lisas y paredes interiores estriadas longitudinalmente disminuyendo la fricción entre el cableado y el tubo, permitiendo mayor facilidad en la instalación de la fibra óptica.

El tritubo permitirá instalarse en conducciones enterradas en tramos no rectilíneos y terrenos irregulares. Será de características tales que pueda instalarse directamente en el terreno sin necesidad de protección adicional. El tritubo soportará la instalación en terreno sin evidenciar roturas o fisuración.

Los tubos estarán exentos de grietas y burbujas, presentando las superficies exterior e interior aspectos lisos y libres de ondulaciones u otros defectos eventuales. Se verificará que los tubos no presenten poros, inclusiones, manchas, falta de uniformidad en el color o cualquier otro defecto o irregularidad que pudiera perjudicar su correcta utilización. Los extremos del tritubo serán cortados según una sección perfectamente perpendicular al eje del mismo, presentando bordes limpios, sin rebabas y sin muescas.

La marcación exterior del tritubo será efectuada mediante pintura indeleble, de color blanco u otro cualquiera, estampado, o cualquier otro método que, sin producir alteraciones en la calidad del tritubo, pero que se destaque perfectamente sobre el fondo negro del material y se mantenga legible en el tiempo.

El tritubo llevará la siguiente marcación secuencial a intervalos de un 1 metro a contar desde uno de los extremos:

- Siglas del tipo de material
- El nombre y/o la marca del fabricante.
- El mes y el año de fabricación (expresados con cuatro cifras).

Durante la instalación, en el terreno se coordinará con la Consecionaria los lugares donde se incluirá la marcación del uso específico de cada uno de los ductos.

### 10.6.1.3 Uniones

El tritubo será empalmado por medio de uniones, las cuales garantizarán la continuidad del tubo sin rebordes ni ningún otro obstáculo interior que pueda deteriorar los cables o impedir su tendido. El procedimiento de instalación será el recomendado por el fabricante que realice el suministro. En todos los casos, se instalarán uniones desplazadas entre sí como mínimo 20 cm.

Las uniones incluirán una arandela central interna que actuará como tope, asegurando una distribución equitativa de los dos tubos a unir. Luego de cada acople, se aplicará una vaina sobre el conjunto que asegure la estanqueidad y evite desacoplamiento por tracción.

### 10.6.1.4 Arquetas

Las arquetas podrán ser prefabricadas o en su defecto fabricadas en sitio. Permitirán tender los cables y alojar empalmes de poca capacidad, de tal forma que se puedan construir los empalmes y las pruebas fuera de ella, llevando los cables a nivel del suelo una vez retirada la tapa de la arqueta.

Todas las arquetas serán fabricadas de manera que provean el espacio adecuado y suficiente para la ubicación de cables y empalmes, así como para los equipos a ser instalados en su interior (repetidores ópticos, etc). Así mismo, serán acordes con la cantidad y la base de los ductos a utilizar y la dirección de las rutas a servir.

Las dimensiones exteriores de la arqueta serán: largo 0,76 m, ancho 0,76 m y alto de 0,80 m.

La tapa metálica de la arqueta quedará sin protuberancias y asperezas, para lo cual se utilizarán formaletas metálicas sin luces entre las uniones.

La entrada a las arquetas, conformada por el espesor de la losa de concreto, será lisa; libre de rugosidades, asperezas o aristas. Esto con el fin de no causar maltrato al personal que ingrese o salga de ellas y deterioro a la cubierta de los cables al tenderlos. Los cuellos de los accesos de las arquetas serán redondeados.

Las arquetas incluirán drenajes para evitar su inundación.

### 10.6.1.5 Distancia entre arquetas

La distancia entre arquetas está determinada de la siguiente forma:

- La ruta trazada para la instalación de ductos
- La ubicación programada para las arquetas según las bifurcaciones y subida de cables requeridas para el sistema de comunicaciones.
- Tipo y diámetro de los cables a ser instalados.
- Condiciones topográficas del terreno, por ejemplo: su pendiente.

La ubicación exacta de las arquetas se definirá en campo de acuerdo a los puntos de empalme en concordancia con las distancias máximas entre arquetas. Como se presenta en los planos, las arquetas serán instaladas cada 250 m aproximadamente. Para los tramos curvos en la vía, las arquetas serán instaladas en los puntos donde haya cambio de dirección, al inicio y al final garantizando un radio de curvatura mínimo de acuerdo a las recomendaciones generales de los fabricantes de fibra óptica o cada 250 m, lo que primero ocurra.

Las distancias mínimas adecuadas para facilitar las labores del tendido de cables a lo largo de la UF5 serán:

Radio mínimo de curvatura (mm)	Durante la instalación	20 x diámetro externo del cable
	Después de instalado	10 x diámetro externo del cable

Las arquetas permitirán la ramificación de rutas laterales, bifurcaciones y acometidas a edificios.

Las arquetas permitirán efectuar el tendido y retiro de cables.

Las arquetas se deberán ubicar en la zona de servicio sin intervenir la berma, cunetas o estructuras de la vía.

No se permitirá la instalación de otros ductos dentro de las arquetas mencionadas ya que éstas serán de uso exclusivo para el sistema de comunicaciones.

Las arquetas serán marcadas con un número consecutivo, el nombre del proyecto y el propietario, en una placa de acero inoxidable.

Al construir una arqueta se cumplirá con las siguientes especificaciones:

#### 10.6.1.6 Placa de fondo

La placa del piso será de concreto simple. La superficie del piso tendrá una pendiente del 2% hacia el sumidero ubicado en el centro, de tal forma que el agua se acumule en el sumidero, cuyas dimensiones serán de: 0,80 m x 0,80 m x 0,1 m.

El suelo de la excavación será nivelado y compactado. Para suelos no firmes se pondrá en concreto armado.

Para suelos demasiado fangosos o arenosos, se proveerá una plataforma de apoyo, que suprima el efecto de las fuerzas verticales ascendentes que produzca el agua sobre el piso de la caja de halado (como cuerpo vacío sumergido en ella). Esta plataforma será mayor a la superficie de la caja de halado, la que, además de proveer una base sólida que cuide su estructura, deberá posibilitar un anclaje que cuide su estabilidad.

El uso de cementos de fraguado rápido se deberá tener en cuenta para terrenos no firmes o húmedos que hagan peligrar su construcción.

#### 10.6.1.7 Sumidero

El sumidero estará ubicado directamente debajo del acceso a la arqueta, coincidiendo en ejes.

Se construir sumideros únicamente en zonas secas en las que el nivel freático este por debajo del piso de la arqueta y que no suba tampoco a ese nivel en ninguna época del año. Cuando exista el peligro que por ellos puedan entrar filtraciones de agua de otros servicios, no se construirán dichos sumideros, se aprovechará el desnivel del piso con el fin de facilitar su extracción de agua depositada en este sitio, facilitando la extracción de agua mediante bombas de succión.

#### 10.6.1.8 Llegada a las arquetas

En la llegada a las arquetas se dejará sobresalir el tritubo 5 cm por fuera del borde de la misma, teniendo cuidado de pulir las rebabas interiores y exteriores del tritubo.

#### 10.6.1.9 Tapones

Siempre que se realice el tendido del tritubo se taponarán herméticamente sus extremos, para evitar la entrada de agua y suciedad a su interior que puedan impedir la instalación del cable. El procedimiento de instalación de los tapones será el recomendado por el fabricante específico que suministrará el tritubo.

#### 10.6.1.10 Cinta de señalización

A lo largo de todo el Sector, sobre el tritubo del sistema de comunicaciones, se instalará una cinta de señalización hecha de polietileno en color naranja, resistente a la acción de la humedad y de hidrocarburos y sus derivados y apta para ser enterrada en todo tipo de terrenos.

La cinta debe ser de 240 mm de ancho y 0,2 mm de espesor.

La cinta tendrá impresa en color negro la información de la Concesión espaciada cada metro. Además la cinta contará con rayas transversales inclinadas a 45° y de un ancho aproximado de 0,25 m.

### 10.6.2 **INSTALACIÓN**

A continuación se definen los datos básicos y los requisitos mínimos generales para la instalación y el montaje de las obras y materiales descritos en este documento.

Los elementos serán instalados según los planos y procedimientos aprobados, cumpliendo con las recomendaciones del fabricante.

Los elementos serán localizados de tal manera que permitan su fácil acceso y remoción, dentro de lo posible.

Los elementos de las obras serán construidos de acuerdo con las exigencias, recomendaciones y planos.

### 10.6.3 **PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DEL TRITUBO**

La instalación del tritubo será directamente enterrado en la zona de servicio. Para la instalación del tritubo se cumplirán los siguientes procedimientos y condiciones:

- La apertura de la zanja se hará siguiendo los procedimientos usuales para este tipo de trabajos.
- La zanja tendrá una pendiente que garantice el escurrimiento de agua en la tubería.
- En el fondo de la misma se contará con una capa de arena de aproximadamente 5 cm de espesor, para proteger el tritubo contra daños.
- Se ubicará el carrete al comienzo de la canalización.
- Se cortarán los amarres de la tubería.
- Se instalarán, en la zanja, alrededor de 10 m de tritubo y se debe tapar ese tramo.
- Se moverá el portacarrete a lo largo de la zanja, de manera que el tritubo quede tendido paralelo a la misma, hasta que se termine el carrete o el trayecto de canalización programado.
- Los tramos rectos del tritubo quedarán lo más derechos posible en las zanjas, para evitar el aumento en el índice de rozamiento en el interior del tritubo, con las curvas.
- En las curvas se cumplirá con el radio de curvatura del tritubo y de fibra óptica.

- Después de tendido del tritubo, se recubrirá mediante una capa de aproximadamente 30 cm de arena, y a continuación se proseguirá con el relleno de la zanja junto con la instalación de la cinta de señalización.

Para el tendido del tritubo se utilizarán diferentes tipos de maquinaria especializada dependiendo de la clase de terreno (suave, medio o rocoso). Sin embargo, es posible que sea necesario efectuar algunos tramos en forma manual, en aquellos lugares donde la operación de tales máquinas sea imposible. El tendido por medios mecánicos requerirá de elementos de control de tracción que permitan vigilar la fuerza de tracción aplicada y así supervisar y evitar daños por tracción en el tritubo. Se tendrá presente la fuerza máxima soportada por el tritubo para que sea controlada durante su instalación.

La instalación del tritubo será de tal manera que en los cambios de dirección, el radio de curvatura sea superior por lo menos 10 veces al radio de curvatura mínimo especificado para la instalación de fibra óptica.

Se realizará la instalación del tritubo minimizando la cantidad de curvas y haciéndolas suaves en todo el trayecto.

El tritubo quedará totalmente libre de contaminantes y residuos en su interior, y se removerán todos los desperdicios y sobrantes de la elaboración de las obras.

#### **10.6.4 Fibra óptica para instalación en tritubo**

La fibra óptica para distribución por tritubo será del tipo monomodo de 48 fibras, que cumpla con la recomendación ITU-G.652.

El cable de fibra óptica soportará curvaturas, tensiones mecánicas y contar con protección externa contra roedores, humedad y hongos. El radio de curvatura máximo de los cables permitirá su fácil instalación por el tritubo y acceso a arquetas.

Las características mínimas de la fibra óptica son:

- Número de fibras: 48
- Chaqueta exterior (armadura de aluminio o acero)
- Atenuación de 0,4 dB/km
- El cable cumplirá con las recomendaciones ITU-T G.652 respecto a:
  - Parámetros geométricos
  - Materiales de protección
  - Diámetros
  - Parámetros estructurales ópticos
  - Parámetros estructurales de transmisión

#### **10.6.5 INSTALACIÓN DE FIBRA ÓPTICA POR EL METODO PUSH/PULL**

La instalación de la fibra óptica será realizada por el método del soplado "Push/Pull". Durante la instalación de la fibra óptica a través del tritubo, se tendrán los siguientes procedimientos:

- Revisar la integridad del tritubo

- Preparar el cable de fibra óptica para la instalación. El extremo del cable de fibra óptica se unirá a un transportador de cables. El extremo del cable de fibra óptica se conectará al soplador de cables para su instalación en el tritubo
- Aplicación lubricante en el ducto y al transportador de cable para permitir la instalación del cable de fibra óptica
- Configuración del soplador a los parámetros de presión de aire comprimido adecuados para no afectar el tritubo y el cable de fibra óptica durante su instalación.

## 11. CANTIDADES Y DIAGRAMAS DE MASAS

Las cantidades asociadas al movimiento de tierras, señalización, plan de manejo vial e ITS, se encuentran desglosadas en el Anexo 4

Para el estimativo del diagrama de masas se tuvieron en cuenta los criterios presentados en la Tabla 11.1.

Tabla 11.1 Porcentajes de aprovechamiento de material para la UF5

Ítem	Unidad	UF 5			
		ZH 5.1	ZH 5.2	ZH 5.3.	ZH 5.4
Longitud total zona homogénea	km	3250	5040	6010	2670
Descapote*(1)	m	1.2	1.2	1.2	1.2
Excavación en suelo	%	70%	79%	89%	98%
Excavación Ripeable	%	30%	17%	11%	2%
Excavación Roca (explosivos)	%	0%	4%	0%	0%
Desplante terraplén*(2)	m	1.2	1.2	1.2	1.2
Material aprovechable	%	15%	12%	5%	1%
Expansión ZODME	%	20%	25%	30%	30%
Expansión Terraplenes	%	20%	20%	20%	20%

En la Tabla 11.1 se muestran los porcentajes de aprovechamiento del material de excavación disgregados en suelo, material ripiable y excavación en roca; adicionalmente, para los volúmenes a llevar a ZODMES, se tuvo en cuenta el porcentaje de expansión definido en la Tabla 11.1 para cada material.

En el Anexo 4 se encuentra la distribución del material a disponer en los diferentes ZODMES.

## 12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ El diseño geométrico presentado cumple con los requerimientos técnicos del contrato de Concesión.
- ❖ Las excepciones en el cumplimiento de algunos parámetros establecidos en el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS, corresponden con lo establecido en el contrato de concesión.
- ❖ Se recomienda el replanteo y nivelación de todo el proyecto, en especial en los sitios de implantación de obras como muros, viaductos, puentes y obras de arte.
- ❖ Las intersecciones y retornos, cumplen con los requerimientos de carriles de desaceleración, aceleración, entretangencias, capacidad y niveles de servicio para todo el periodo de la Concesión.
- ❖ El proyecto en lo referente a seguridad vial, cumple con lo establecido en la Guía Técnica para el Diseño, Aplicación y Uso de Sistemas de Contención Vehicular del Fondo de Prevención Vial y la normativa aplicable.
- ❖ Al modificar las condiciones de la vía existente, en cuanto a geometría horizontal y vertical y pasar de una vía primaria de una calzada a una de dos calzadas, se tendrá un incremento en la capacidad, los niveles de servicios y las condiciones de seguridad y operación.
- ❖ El proyecto ha buscado optimizar al máximo el balance de masas, buscando la utilización de los materiales competentes que cumplan con especificaciones INVIAS para la conformación de los terraplenes. Los materiales sobrantes se dispondrán en los ZODMES y rellenos no estructurales definidos en el proyecto, los cuales tiene la capacidad suficiente para suplir las necesidades.
- ❖ La franja de retiro, derecho de vía y áreas de adquisición predial, se presentan en los documentos del Volumen de predios.
- ❖ Los trabajos de campo son ejecutados en algunos aspectos de forma fiel a la planificación, los ajustes hechos en campo a la planificación correspondieron al sitio exacto de materialización de los mojones.
- ❖ Los trabajos de materialización ejecutados en el primer proceso en todos los tramos se llevaron a cabo según las especificaciones del cliente, aunque supuso en algunas oportunidades realizar cambios y modificar logística, pero siempre pretendiendo la total satisfacción del trabajo.
- ❖ El uso de equipos Leica y Trimble eficientes redujo tiempo, esfuerzo del personal y garantiza la buena calidad del trabajo.
- ❖ La asistencia en campo y la colaboración continua con el cliente permitió a todas las comisiones trabajar bajo estándares de seguridad óptimos, siempre teniendo como objetivo la salud y protección del trabajador, como resultado de esto se puede concluir que en todo el proceso de campo no hubo un solo accidente o condición de peligro.
- ❖ Icadet Ingeniería como subcontratista entendió y se comprometió en todas las labores no solo con los alcances del contrato sino con la buena imagen que deben conservar las compañías, las entregas y prioridades del cliente a fin de obtener el máximo rendimiento y cumplir con los plazos de entrega buscados.

- 
- ❖ Con respecto al rendimiento de campo Icadef Ingeniería demostró su intención de reducir los tiempos en los procesos, planeando logísticas efectivas que produjeron excelentes resultados y ayudaron considerablemente a los procesos siguientes.

## 13. ANEXOS

Anexo 1. TOPOGRAFÍA

Anexo 1.1 Red Geodesica

Anexo 1.2 Nivelación

Anexo 1.3 Descripción de Puntos

Anexo 1.4 Cuadro Resumen de Coordenadas

Anexo 2 PLANOS

Anexo 3 CARTERAS DE DISEÑO

Anexo 3.1 Alineamiento horizontal

Anexo 3.2 Alineamiento Vertical

Anexo 3.3 Replanteo de Rasante – Peraltes y Sección

Anexo 3.4 Listado de Análisis de Visibilidad

ANEXO 4 CANTIDADES Y DIAGRAMAS

Anexo 4.1 Movimiento de Tierras

Anexo 4.2 Señalización

Anexo 4.3 ITS

Anexo 4.4 Diagrama de Masas

ANEXO 5 LOCALIZACIÓN DE SEÑALES VERTICALES

ANEXO 6. ANÁLISIS DE INTERSECCIONES