

**AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA EMPRESA C&H
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.S**



ANA KAREN ÁLVAREZ GOYES

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN – CAUCA - 2023**

**AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA EMPRESA C&H
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.S**



**INFORME DE PRÁCTICA PROFESIONAL PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:
ANA KAREN ÁLVAREZ GOYES**

**DIRECTOR:
ING. NELSON RIVAS**

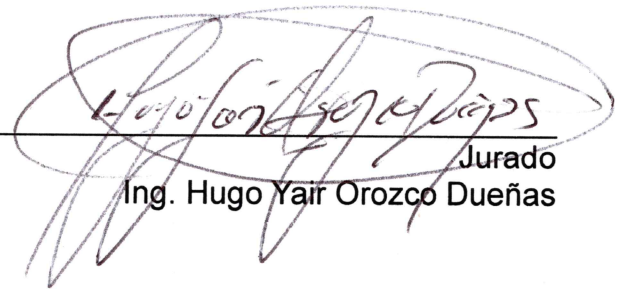
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN – CAUCA - 2023**

NOTA DE ACEPTACIÓN

El director y el jurado han evaluado este documento titulado: "Auxiliar de ingeniería en la empresa C&H. Ingeniería y construcción S.A.S", escuchando la sustentación del mismo por su autor y lo encuentran satisfactorio, por lo cual autorizan a la estudiante, Ana Karen Álvarez Goyes para que desarrolle las gestiones administrativas para optar al título de Ingeniera Civil.



Director de Pasantía
Ing. Nelson Rivas Muñoz



Jurado
Ing. Hugo Yair Orozco Dueñas

Jurado

DEDICATORIA

A mis padres
Con mucho amor y cariño
Pese a las dificultades que sobrellevé
Todo mi esfuerzo y trabajo
Para la realización de mi proyecto
personal.

ÁLVARO REMBERTO ÁLVAREZ
RUBIELA GOYES POSSO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco este logro a mis padres quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad, a mis hermanas y hermano quienes me han brindado su apoyo incondicional en todo momento, a mi hermana Mary por su amor y apoyo y a mi gato Rollo y Julián por todo el afecto. A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, en particular al profesor Nelson Rivas Muñoz quien me ha brindado motivación y apoyo desde que lo tengo presente gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta universidad.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	11
2. JUSTIFICACIÓN	12
3. OBJETIVOS	13
3.1 OBJETIVO GENERAL	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
4. DESCRIPCIÓN DE LA ENTIDAD RECEPTORA	14
4.1 DATOS DE LA ENTIDAD RECEPTORA	14
4.2 INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	14
4.2.1 Misión	15
4.2.2 Visión	15
5. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	16
6. METODOLOGÍA	19
7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	20
8. DESARROLLO DE LA PASANTIA	21
8.1 ORGANIZACIÓN DE COORDENADAS PLANAS SONDEOS Y APIQUES.	21
8.2 ORGANIZACIÓN DE BLOQUES Y SONDEOS Y APIQUES EN AUTOCAD.	25
8.3 DISEÑO GEOMETRICO DE LOS TRAMOS EVALUADOS	27
8.3.1 Tipo de vía.	27
8.3.2 Tipo de terreno.	27
8.3.3 Velocidad de diseño.....	27
8.3.4 Velocidad de las curvas horizontales.....	28
8.3.5 Sección transversal típica.....	30
8.3.5.1 Ancho de calzada.....	30
8.3.5.2 Bombeo normal.....	31
8.3.5.3 Berma.	31
8.3.5.4 Resumen secciones típicas.....	31
8.3.5.5 Sección transversal típica propuesta para tramo 1 y tramo 2.	32
8.3.6 Diseño en planta.....	32
8.3.6.1 Tipo de curvas horizontales	32
8.3.6.3 Longitud mínima de curva espiral	33
8.3.6.4 Longitud máxima de curva espiral.....	34
8.3.6.5 Longitud mínima de arco circular	34
8.3.6.6 Transición de peralte para curvas espiral-circulo-espiral	36
8.3.6.7 Transición de peralte para curvas espiral-espiral	36
8.3.6.8 Longitud mínima de la tangente vertical.....	47
8.3.6.9 Longitud mínima de las curvas verticales	47
8.3.6.10 Resumen de los criterios de Diseño Geométrico.	56
8.4 PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO GEOMETRICO.....	57
8.4.1 Diseño en Planta	57
8.4.2 Diseño en Perfil	57
8.4.3 Secciones Transversales.....	58
8.5 PLANOS DE DISEÑO GEOMETRICO	59
8.5.1 Planta: Escala 1:1.000.....	59
8.5.2 Perfil longitudinal: Escalas V 1:100.....	59
8.5.3 Sección transversal típica.....	59

8.5.4 Listados de Carteras.....	59
8.6 ORGANIZACION DE PLANOS PLANTA PERFIL DETALLE.	60
8.7 ORGANIZACIÓN Y DIBUJO DE INVENTARIO HIDRAULICO	67
8.8 ORGANIZACIÓN Y DIBUJO DE PUENTES.	70
8.9 ORGANIZACIÓN Y DIBUJO DE MUROS.....	73
8.10 ORGANIZACIÓN Y PRESENTACION DE PLANOS DE SECCIONES TRANSVERSALES.	76
8.11 ORGANIZACIÓN Y PRESENTACION DE PLANOS REDUCIDOS DEL PROYECTO.	79
8.12 ORGANIZACIÓN Y PRESENTACION DE PLANO DE LOCALIZACION DEL PROYECTO.	83
8.13 SEÑALIZACION PRELIMINAR.....	86
9. COMENTARIOS FINALES.....	90
10. CONCLUSIONES.....	91
11. BIBLIOGRAFÍA.....	92
12. ANEXOS	93
12.1 ANEXO A.....	93
ESCALAR EN LAYOUT (AutoCAD Y Civil 3D).....	93
ROTAR UN CUADRO EN LAYOUT	93
CONVERTIR DE CIVIL A AUTOCAD	93
CONVERTIR DE CIVIL A TOPO 3.....	93
COPIAR OBJETOS EN COORDENADAS ORIGINALES	93
FONDO BLANCO	93
INSERTAR NUBE DE PUNTOS EN CIVIL 3D	94
RUTINA PARA GENERAR VARIOS BLOQUES	94
RUTINA PARA MONTAR GRILLA DE COORDENADAS.....	94
REFERENCIA EXTERNA	95
CREAR ALINEAMIENTO	95
ASIGNAR ALINEAMIENTO A UN OBJETO.....	95
SACAR EL PERFIL DE UN ALINEAMIENTO	95
AJUSTAR TAMAÑO EN LAYOUT	95
UCS (GIRAR EL PLANO EN LA VENTANA GRÁFICA).....	95
ESCALA DE VENTANA GRÁFICA A MODEL	96
MOSTRAR MÁS HERRAMIENTAS	96
OBTENER COTAS DE PUNTOS EN TOPO3.....	96
ALINEAR UN CUADRO	97
RECORTAR TODOS LOS ELEMENTOS DE UN LADO DE UNA LÍNEA.....	97
PDF	97
12.2 ANEXO B.....	97
Anexo 1. Carteras de diseño.....	97
Anexo 2. Planos Planta – Perfil.....	97
Anexo 3. Secciones Transversales	97
Anexo 4. Planos Reducidos	97
Anexo 5. Planos Localización	97
Anexo 6. Señalización.....	97

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Logo de C&H Ingeniería y Construcción.	14
Figura 2. Estructura organizacional.	15
Figura 3. Área de influencia indirecta.	17
Figura 4. Localización del Tramo I Popayán – Fondas Levantado con topografía convencional.	17
Figura 5. Localización del Tramo II Argelia – El Plateado Levantado con topografía convencional.	18
Figura 6. Ruta de Topo3 para convertir coordenadas.	22
Figura 7. Cuadro de conversión de coordenadas de Topo3.	23
Figura 8. Opciones para pegar datos en Topo3.	23
Figura 9 Exportar objetos de Topo3 a AutoCAD.	24
Figura 10 Copiar objetos con coordenadas base.	24
Figura 11 Extracción de abscisas de las perforaciones.	25
Figura 12 Bloques de apiques.	26
Figura 13 Bloques de sondeos.	26
Figura 14 Transición de peralte curva espiral-espiral.	36
Figura 15 Transición de peralte recomendada curva espiral-espiral.	37
Figura 16 Ejemplo de Sección transversal de diseño.	58
Figura 17 Convenciones topográficas.	60
Figura 18 Convenciones diseño en planta 61	61
Figura 19 Convenciones diseño en perfil 61	61
Figura 20 Convenciones de transición de peralte.	61
Figura 21 Especificaciones de diseño 62	62
Figura 22 Ejemplo de sección típica.	62
Figura 23 Ejemplo de sección urbana.	63
Figura 24 Ejemplo de sección puente.	63
Figura 25 Ejemplo de transición de peralte.	63
Figura 26 Ejemplo cuadro de elementos de curvas horizontales.	64
Figura 27 Ejemplo cuadro de elementos de curvas verticales.	64
Figura 28 Información de la marcheta.	64
Figura 29 Información de la marcheta.	65
Figura 30 Ejemplo plano planta - perfil tramo I Popayán - Fondas.	66
Figura 31 Bloques de alcantarillas en AutoCAD.	67
Figura 32 Ubicación de las alcantarillas en el diseño geométrico en planta 68	68
Figura 33 Alcantarilla dibujada en el perfil.	69
Figura 34 Ubicación de las alcantarillas en el diseño geométrico perfil 69	69
Figura 35 Ejemplo de Batimetría, Popayán - Fondas.	71
Figura 36 Puente proyectado, tramo Popayán – Fondas planta 70	70
Figura 37 Puente proyectado, tramo Popayán – Fondas perfil 72	72
Figura 38 Puente proyectado, tramo Argelia – El Plateado en el perfil 73	73
Figura 39 Muro proyectado tramo Popayán – Fondas en planta.	74
Figura 40 Muros proyectados tramo Popayán - Fondas planta.	75
Figura 41 Muros proyectados tramo Popayán - Fondas en el perfil.	75
Figura 42 Bloque de Secciones transversales exportada a AutoCAD.	76
Figura 43 Marcheta para secciones transversales.	77

Figura 44 Ejemplo de Plano de secciones transversales	78
Figura 45 Esquema general plano Planta - Perfil reducido.	79
Figura 46 franja de volúmenes de corte y relleno presentados cada km	80
Figura 47 Índice o distribución de planos	80
Figura 48 Información de perfil.....	81
Figura 49 Ejemplo Plano Planta - Perfil Reducido Tramo II Argelia - El Plateado	82
Figura 50 Vía sobrepuesta sobre el mapa de los municipios de influencia directa.	83
Figura 51 Vía sobrepuesta en el mapa del departamento del cauca	84
Figura 52 Plano de localización geográfica Tramo I Popayán - Fondas.....	85
Figura 53 Plano de localización geográfica Tramo II Argelia – El Plateado.....	85
Figura 54 Opción Señalizar en Topo 3	86
Figura 55 Reporte cantidades de señalización en Topo 3.	87
Figura 56 Importar bloques de señales en Topo 3.	87
Figura 57 Ejemplo de señalización tramo Argelia - El Plateado K30+000 – K32+480	89
Figura 58 Ecuación de empalme sobre el plano en Planta	90

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Propuesta tramos de diseño - Fase II	18
Tabla 2. Metodología de trabajo.	19
Tabla 3. Cronograma de actividades.	20
Tabla 4. Coordenadas de sondeos tramo I Popayán - Fondas.....	21
Tabla 5. Coordenadas de Apiques extraídas en Excel.	22
Tabla 6 Abscisas de las perforaciones	25
Tabla 7 Tipo de Vía de los tramos diseñados	27
Tabla 8 Tipo de Terreno de los tramos diseñados	27
Tabla 9 Velocidad de diseño del Tramos	28
Tabla 10 Velocidad de diseño de tramos homogéneos.	28
Tabla 11 Velocidad Específica de una curva horizontal (VCH) incluida en un tramo homogéneo con Velocidad de Diseño VTR	29
Tabla 12 Tabla de asignación de velocidades de curvas horizontales.....	29
Tabla 13 Ancho de calzada de los tramos	30
Tabla 14 Ancho de calzada	30
Tabla 15 Bombeo de la Calzada.....	31
Tabla 16 Ancho de berma de los tramos.	31
Tabla 17 Ancho de berma.....	31
Tabla 18 Ancho de sección típica para fase II.	32
Tabla 19 Ancho de sección tramo 1 y tramo 2-fase II- velocidad 40 km/h.....	32
Tabla 20 Radios mínimos para peralte máximo del 8%.....	33
Tabla 21 Valores de los peraltes adoptados (%).	35
Tabla 22 Cuadro elementos de curva horizontal	35
Tabla 23 Pendiente relativa de la rampa de peraltes (ΔS).....	37
Tabla 24 Resumen Cuadro De Elementos De Curvas Horizontales Tramo 1 Popayán - Fondas.....	38
Tabla 25 Longitud mínima de la tangente vertical	47
Tabla 26 Longitud mínima de curva vertical.	47
Tabla 27 Resumen Cuadro De Elementos De Curvas Horizontales Tramo 1 Popayán - Fondas.....	49
Tabla 28 Resumen de Parámetros de diseño geométrico Tramo I Popayán-Fondas.....	56
Tabla 29 Resumen de Parámetros de diseño geométrico Tramo II Argelia – Plateado.....	56
Tabla 30 Longitud pre diseño fase II.....	57
Tabla 31 Resumen de alcantarillas tramo 1 Popayán - Fondas.	68
Tabla 32 Cartera de puentes Popayán - Fondas	70
Tabla 33 Cartera de puentes Argelia – El Plateado	72
Tabla 34 Puente proyectado, tramo Argelia – El Plateado planta.....	73
Tabla 35 Ejemplo cartera obras de contención tramo Popayán - Fondas	74
Tabla 36 Resumen de cantidades de señales verticales.....	88
Tabla 37 Resumen de cantidades de demarcación horizontal.	88

1. INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Civil es una de las profesiones que más relacionada se encuentra con el desarrollo de un país, esto se debe principalmente a que dentro de sus objetivos se encuentra el desarrollo de actividades tales como planeación, diseño, consultoría, construcción, interventoría y administración de las obras civiles, razón por la cual el ingeniero civil en formación debe contemplar el acceso a un escenario real sobre los procesos de un proyecto de construcción, permitiendo considerar su formación de manera práctica.

Según la reglamentación del Trabajo de Grado en pregrado y reglamento de Trabajo de Grado en la Facultad de Ingeniería Civil, la Universidad del Cauca permite a sus estudiantes presentar el trabajo de grado en modalidad de pasantía para obtener así el título de Ingeniero Civil permitiendo al estudiante ingresar a una determinada entidad o empresa, donde puedan prestar los conocimientos adquiridos a lo largo de su vida universitaria, además de recibir nueva información y experiencia que podrá ser útil en su futuro desempeño profesional.

La práctica profesional se llevó a cabo en la empresa C&H INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.S, ubicada en Popayán, Cauca, sirviendo de apoyo, principalmente, en el proyecto “ESTUDIOS Y DISEÑO DE FACTIBILIDAD DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN EL MARCO DEL PROYECTO REGALÍAS CONSTRUCCIÓN POPAYÁN – GUAPI – SECTOR POPAYÁN – EL TAMBO – EL PLATEADO – GUAPI Y CONEXIÓN ARGELIA – EL PLATEADO”, con un enfoque en el área de vías, específicamente en el diseño de una vía trazada sobre un corredor existente. Para que exista un buen desarrollo local, regional y nacional, se necesita tener una buena red de vías terrestres en el país, desde las vías primarias hasta las vías terciarias de acuerdo a la zona donde se vaya a realizar o mejorar la vía. Estas vías serán la base fundamental para el desplazamiento de la población junto con los productos agrícolas y materias primas que se producen en las zonas rurales más alejadas del país, buscando así una igualdad de condiciones de transporte sobre todo el territorio nacional.

2. JUSTIFICACIÓN

Uno de los objetivos del ingeniero(a) civil es modificar el entorno de manera favorable para suplir necesidades esenciales en términos de infraestructura y por cualquier rama que se opte se debe ejercer en un contexto social, cultural y económico, en especial en un país en desarrollo como lo es Colombia, por esto es una profesión que conlleva el ejercicio serio y responsable de la actividad laboral con la sociedad, por lo que los controles deben ser rigurosos, más aun tratándose de vías, que son el principal elemento para que un país pueda desarrollar su economía, dado que estas deben procurar seguridad y comodidad a una cantidad enorme de usuarios de manera continua. Además, se busca conseguir que el diseño sea el más óptimo, principalmente en el aspecto económico, ya que lograr que un diseño cumpla con la normatividad es medianamente fácil, pero su costo podría ser elevado y debido a que se busca disminuir ese costo, hay que ceñirse muy de cerca a los límites establecidos para el diseño, según sea el caso, más aún cuando se realiza el diseño sobre un corredor vial existente donde se espera que haya un gran aprovechamiento de este.

La práctica profesional tiene como objetivo acercar al futuro egresado al entorno laboral, durante el proyecto desarrollado se buscó que el estudiante participe activamente de los procesos de entrega de los diseños geométricos de vías que se realizan antes de la ejecución de un proyecto vial, llevando los conocimientos adquiridos en la parte teórica a la práctica de una forma responsable y profesional, forjando un criterio ingenieril al momento de tomar decisiones.

Durante el tiempo en que se desarrolló la práctica profesional se llevaron a cabo labores en oficina enfocadas a apreciar de manera real y cercana los estudios y diseños geométricos para el proyecto Desarrollo Pacífico de la mano del Ingeniero Civil especialista en Vías Adrián Benavides quien fue el diseñador geométrico de los distintos tramos del corredor vial; los tramos diseñados durante el desarrollo de la pasantía específicamente fueron: Tramo I: Popayán – Fondas y Tramo II: Argelia – El Plateado. Es de resaltar la buena disposición y organización del diseñador a la hora de exponer las actividades y brindar su conocimiento para llevar a cabo cada una de ellas de manera satisfactoria, las actividades se enfocaron en organización y presentación de planos, informes y anexos requeridos para el estudio de diseño.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Participar como auxiliar de ingeniería en la empresa C&H INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.S en la entrega de diseños geométricos de los corredores viales de los que esta empresa se encuentra encargada, verificando que se haga cumplimiento de la norma de diseño vigente, y arreglando los planos del diseño adecuadamente.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Aplicar todos los conocimientos técnicos y teóricos obtenidos en la academia, y adquirir nuevos conocimientos teniendo como base la experiencia del personal profesional y técnico.
- ✓ Chequear los detalles complementarios que deben incluirse en el plano de diseño geométrico de una vía.
- ✓ Apoyar en el área administrativa al personal encargado del ajuste de los diseños geométricos y su posterior entrega en planos.
- ✓ Crear criterios con su respectiva base argumental para resolver problemas que generen conflicto entre la normatividad y lo que se está creando en la realidad.

4. DESCRIPCIÓN DE LA ENTIDAD RECEPTORA

4.1 DATOS DE LA ENTIDAD RECEPTORA

Figura 1. Logo de C&H Ingeniería y Construcción.



Fuente. www.cyhingenieria.com

Nombre: C&H Ingeniería y Construcción S.A.S.
Dirección: Centro Empresarial Ikonos oficina 218 (Popayán – Cauca).
Teléfono: 3004283160.
Nit: 9003041261.
Actividad: Actividades de ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica.
Página web: www.cyhingenieria.com.

4.2 INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

Empresa especializada en la consultoría, interventoría y construcción de obras de ingeniería civil en los campos de la infraestructura vial, estructural, edificaciones, ambiental y de arquitectura.

A continuación, se presenta el esquema organizacional de la empresa C&H Ingeniería y Construcción S.A.S.

Figura 2. Estructura organizacional.



Fuente. C&H INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.S. Estructura organizacional. (08 de mayo de 2023). 2023, 1p. (en línea). (consultada: 08 de mayo de 2023). Disponible en la dirección electrónica: www.cyhingenieria.com

4.2.1 Misión

Ofrecer talento humano altamente calificado a las empresas del sector construcción tanto de carácter privado como gubernamental, siendo una excelente opción de asesoría, diseño, construcción y mantenimiento de proyectos y obras civiles, orientando en el marco legal y brindando el acompañamiento a las entidades contratantes para su mejoramiento continuo, garantizando la preservación del ambiente y el desarrollo socio económico de nuestra empresa.

4.2.2 Visión

Nuestra visión es ser una empresa conocida en el mercado nacional e internacional como partícipes del crecimiento a nivel país con responsabilidad social, amplio historial de contratación y una participación de 5% en mercado nacional.

5. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

MODALIDAD:

Concurso de méritos abierto No. DC-SI-CMA-018-2019

CLASE:

Contrato de consultoría.

CONTRATISTA:

CONSORCIO DESARROLLO PACÍFICO NIT. 901303871-8 R.L. Jaime Dudley Bateman Durán

OBJETO:

ESTUDIOS Y DISEÑO DE FACTIBILIDAD DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN EL MARCO DEL PROYECTO REGALÍAS CONSTRUCCIÓN POPAYÁN – GUAPI – SECTOR POPAYÁN – EL TAMBO – EL PLATEADO – GUAPI Y CONEXIÓN ARGELIA – EL PLATEADO, CAUCA.

PLAZO:

Dieciocho (18) meses contados a partir de la firma del acta de inicio.

VALOR:

Once mil quinientos cincuenta y ocho millones ochocientos cincuenta y cuatro mil doscientos ochenta y un pesos. MCTE (\$ 11.558.854.281)

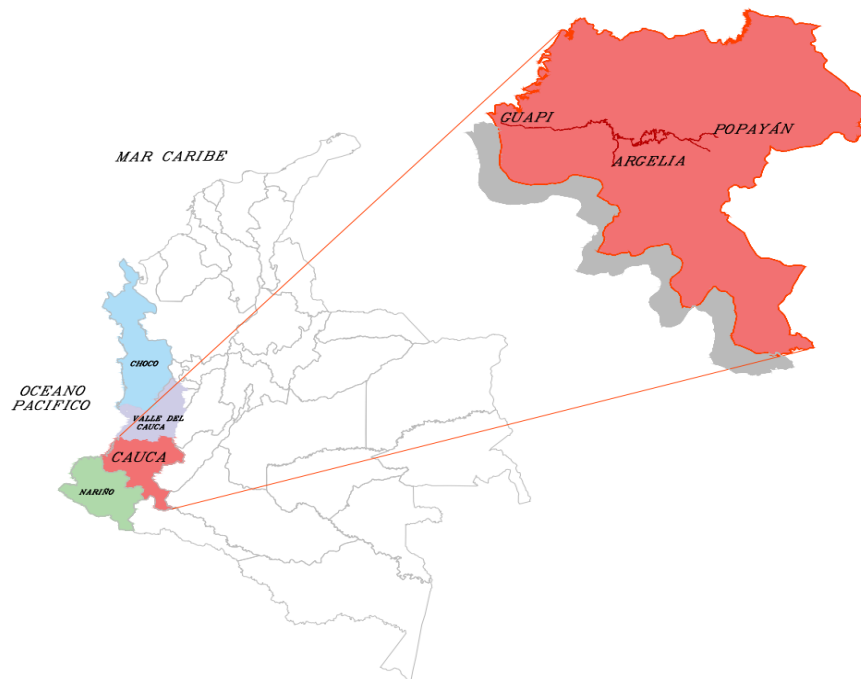
FECHA DE INICIO:

23 de septiembre de 2019.

El proyecto de conexión vial Popayán-Guapi Sector Popayán - El Tambo - El Plateado - Guapi y la conexión Argelia – El Plateado, es un proyecto que se plantea en los planes viales de 1988 y 2006. A nivel general está ubicado en el Departamento del Cauca, siendo uno de los treinta y dos departamentos que conforman la República de Colombia. Su capital es Popayán. Está ubicado al suroccidente del país en las regiones andina y pacífica, exactamente en el nudo cordillerano andino del Macizo Colombiano.

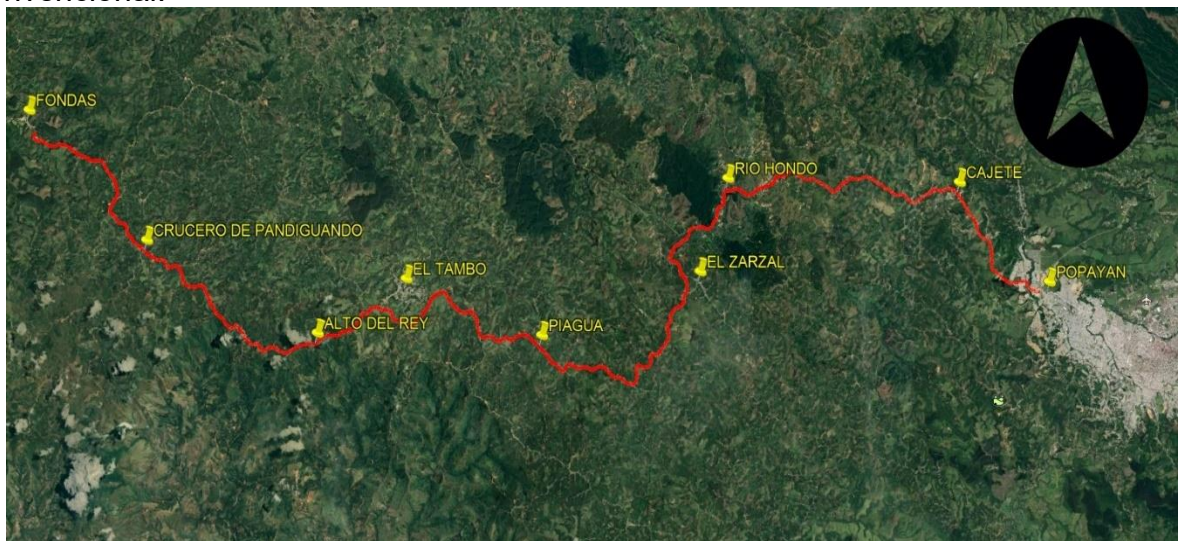
El área de influencia indirecta del proyecto es la totalidad del occidente colombiano, pues permite vincular al desarrollo nacional una amplia zona del occidente Caucano, al comunicarse con la capital del Departamento del Cauca, sector específico Popayán – Guapi – Sector Popayán – El Tambo – El Plateado – Guapi y Conexión Argelia – El Plateado. El área de influencia indirecta del proyecto se indica en la siguiente imagen.

Figura 3. Área de influencia indirecta.



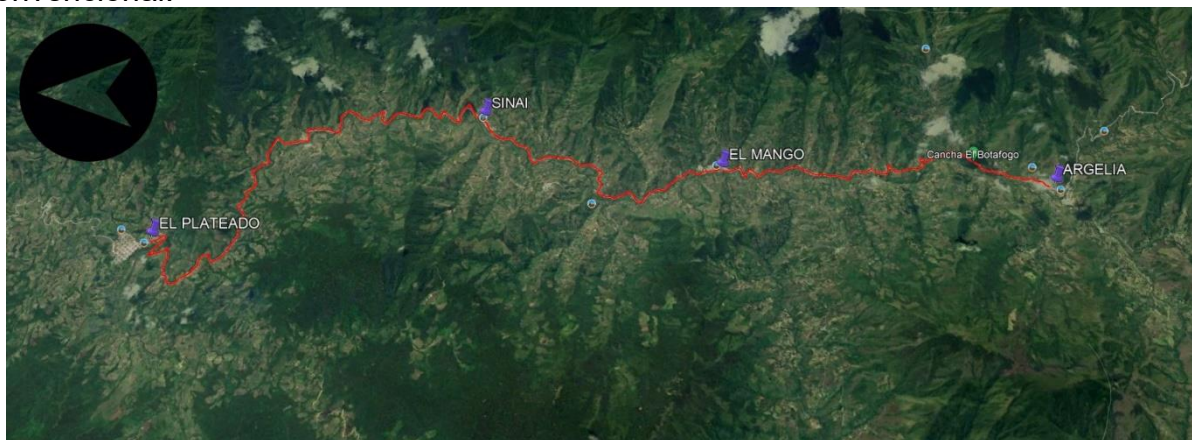
Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD.

Figura 4. Localización del Tramo I Popayán – Fondas Levantado con topografía convencional.



Fuente. Adaptación Google Earth, 2023.

Figura 5. Localización del Tramo II Argelia – El Plateado Levantado con topografía convencional.



Fuente. Adaptación Google Earth. 2023.

En cuanto a su topografía se tiene que en el tramo I Popayán - Fondas, presenta una topografía montañosa. En el tramo II Argelia – El Plateado, es una vía existente que presenta una topografía montañosa, la carretera tiene limitadas especificaciones por lo agreste del terreno, el tramo III Fondas – El Plateado, se caracteriza por una topografía escarpada, lo que exige altas pendientes para cruzar la cordillera. Tramo IV El Plateado - Vereda Soledad, en este trayecto se cruza la cordillera occidental por lo que se presentan altas pendientes y topografía predominantemente escarpada y el tramo V Vereda Soledad - Calle Larga - Guapi, predomina el terreno plano, con pequeñas ondulaciones, es una llanura pantanosa con alturas próximas al nivel de mar.

Los tramos del proyecto se clasifican como un tipo de carretera secundaria. A continuación, en la tabla 1, se presentan algunas de las características de los tramos a diseñar:

Tabla 1 Propuesta tramos de diseño - Fase II

Tramo	Trazado Geométrico	Descripción	Tipo Terreno	Long. (Km)
1	Existente	Popayán - Fondas	Montañoso	45.6
2	Existente	Argelia - EL Plateado	Montañoso	30.4

Fuente. Elaboración propia con base en el software Excel.

6. METODOLOGÍA

Para dar inicio a la práctica se llevó a cabo una etapa de inducción en las instalaciones de la empresa, se relacionaron a las personas que laboran en ella y el papel que desempeñan.

Por parte de la entidad donde se desarrolló la pasantía, la persona encargada de asignar las actividades a desarrollar, junto con su explicación y guía, fue el ingeniero civil especialista en vías Adrián Benavides y por parte de la universidad se contó con el apoyo y dirección del ingeniero Nelson Rivas.

Las labores llevadas a cabo se desarrollaron en el área técnica del proyecto netamente en oficina.

Tabla 2. Metodología de trabajo.

ÁREA DE TRABAJO	MÉTODO DE TRABAJO
TÉCNICA (Oficina)	<ul style="list-style-type: none">- Organizar topografía en AutoCAD para georreferenciación en planos planta-perfil- Organizar en AutoCAD los planos planta-perfil de los tramos con la última versión de diseño.- Organizar coordenadas de sondeos y apiques, a partir de los informes geotécnicos finales.- Realizar bloques de sondeos y apiques en AutoCAD- Verificar y ordenar el inventario hidráulico existente- Organizar en AutoCAD estructuras hidráulicas mayores y menores, a partir de los anexos y el informe hidráulico del proyecto.- Dibujo y ubicación de muros finales en los planos planta - perfil.- Dibujo y ubicación de puentes finales en los planos planta - perfil.- Organización de informe y anexos del Volumen Trazado geométrico- Organización de informe y anexos del Volumen Hidráulico- Organización de informe y anexos del Volumen Estabilidad de taludes- Revisión de interventoría para los tramos de estudio.- Desarrollo de actividades de Observaciones.- Dibujo de Planos de Localización de los tramos de estudio.- Dibujo y presentación de Planos Reducidos de los tramos de estudio.- Organización y dibujo de Secciones transversales como anexo del Volumen de trazado Geométrico.- Elaboración de documento Respuesta.

Fuente. Elaboración propia.

7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

El desarrollo de la pasantía se realizó en la oficina de la empresa receptora en la ciudad de Popayán, a partir de la fecha de expedición de la resolución de trabajo de grado, con una intensidad de 32 horas semanales.

A continuación, en la tabla 3, se presenta el cronograma con el desarrollo respectivo de las actividades realizadas en la entidad:

Tabla 3. Cronograma de actividades.

ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Inducción de labores a realizar.	x	x																		
Organizar coordenadas planas de sondeos y apiques.			x	x																
Realizar bloques de sondeos y apiques en AutoCAD para presentar en planos finales.					x	x	x													
Organizar en AutoCAD los planos planta-perfil de los tramos diseñados.						x	x	x									x	x		
Organizar y dibujar en AutoCAD bloques del inventario hidráulico en su versión final como alcantarillas y Boxcoulvert para presentar en planos finales.									x	x										
Organizar y dibujar en AutoCAD muros y puentes para presentar en planos finales										x	x									
Organización y dibujo en AutoCAD de planos de Secciones transversales.													x							
Dibujo de planos de Localización y Planos reducidos de los tramos Popayán – Fondas y Argelia – El Plateado														x	x	x	x			
Diseño en el programa Topo3 de señalización, demarcación horizontal y vertical y sus respectivos planos y cantidades para los tramos en cuestión.																	x	x	x	
Realizar informe final de la práctica profesional.																				x

Fuente. Elaboración propia.

8. DESARROLLO DE LA PASANTÍA.

Al culminar el tiempo de inducción en las labores de la empresa, se procedió a ejecutar las tareas designadas por el ingeniero civil encargado, Adrián Benavides, quien al ejercer el cargo de coordinador en el proyecto estuvo al pendiente de gran parte de las actividades, por lo que su explicación fue adecuadamente detallada al asignar las actividades y proceder su desarrollo de la manera más óptima.

8.1 ORGANIZACIÓN DE COORDENADAS PLANAS DE SONDEOS Y APIQUES.

A partir de los informes geotécnicos de sondeos y apiques presentados por la empresa encargada de realizar las perforaciones, se extrajeron las coordenadas y se organizaron en un archivo de Excel con la finalidad de obtener un conjunto de datos trabajable que se pudiera ingresar a programas de georreferenciación para verificar la concordancia de las perforaciones presentadas con la realidad.

Para la realización de los sondeos se contrataron diferentes empresas, para el tramo de Popayán – Fondas se trabajó con Bateman Ingeniería S.A.S, mientras que para el tramo Argelia – El Plateado, la empresa que realizó las perforaciones fue Geofísica S.A.S.

Tabla 4. Coordenadas de sondeos tramo I Popayán - Fondas

SONDEO N°	COORDENADA GEOGRAFICA		PROFUNDIDAD (metros)
	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	
S1	2°27'23.12"	76°38'33.99"	15
S2	2°27'56.31"	76°39'11.72"	15
S3	2°28'44.41"	76°40'9.13"	15
S4	2°28'46.75"	76°40'58.08"	15
S5	2°28'44.83"	76°41'39.86"	15

Fuente. Elaboración propia con base en el software Excel.

A partir de los informes de perforaciones se sacaron manualmente las coordenadas de cada uno de los tramos a un archivo de Excel.

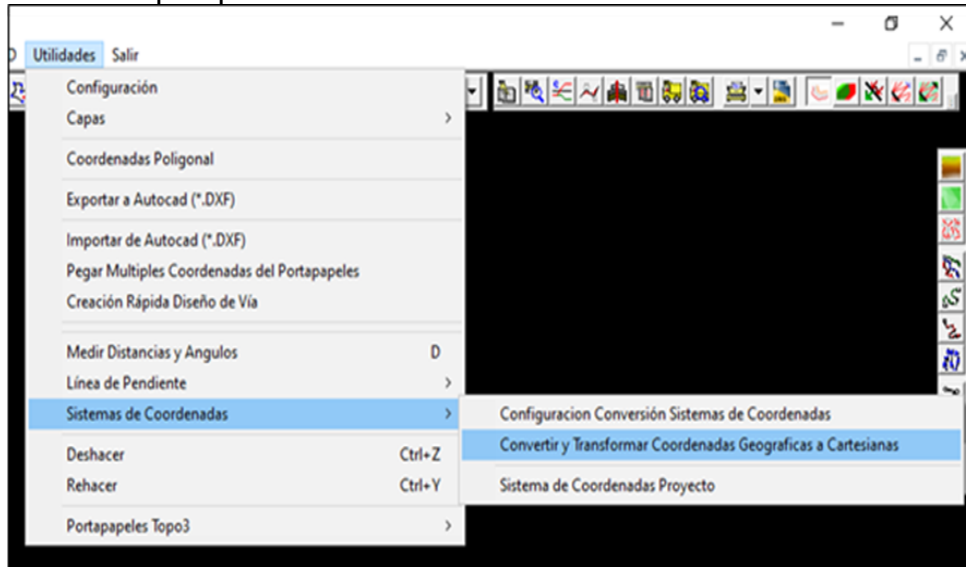
Tabla 5. Coordenadas de Apiques extraídas en Excel.

APIQUE N.	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE
	G, M, S	G, M, S
1	02,26,40.0	-76,44,24.8
2	02,27,26.3	-76,38,35.4
3	02,27,25.9	-76,38,45.4
4	02,27,26.5	-76,38,54.4
5	02,27,31.1	-76,39,01.6
6	02,27,37.4	-76,39,09.3
7	02,27,45.1	-76,39,10.4
8	02,28,02	-76,39,14.79
9	02,28,06.7	-76,39,23.1
10	02,27,36.9	-76,39,08.8

Fuente. Elaboración propia con base en el software Excel.

Las coordenadas organizadas en Excel se convirtieron en coordenadas planas, coordenadas cartesianas Gauss – Krüger con la ayuda de Topo3. Para que el programa arroje resultados coherentes, se añadió un signo menos en las coordenadas LONGITUD OESTE ya que el proyecto está ubicado en el hemisferio izquierdo del meridiano cero donde los grados van de 0° a -180°.

Figura 6. Ruta de Topo3 para convertir coordenadas.



Fuente. Elaboración propia con base en el software Topo3.

Se corrobora la información ingresada en el cuadro ORIGEN que permite visualizar en Google Earth las coordenadas ingresadas para verificar que la información sea correcta.

Figura 7. Cuadro de conversión de coordenadas de Topo3.



Fuente: Elaboración propia con base en el software Topo3.

Una vez se hayan convertido las coordenadas geográficas a cartesianas (magnas sirgas), estas se montan en Topo3 seleccionando el formato en el que la información va a ser ingresada al programa y cargando los datos.

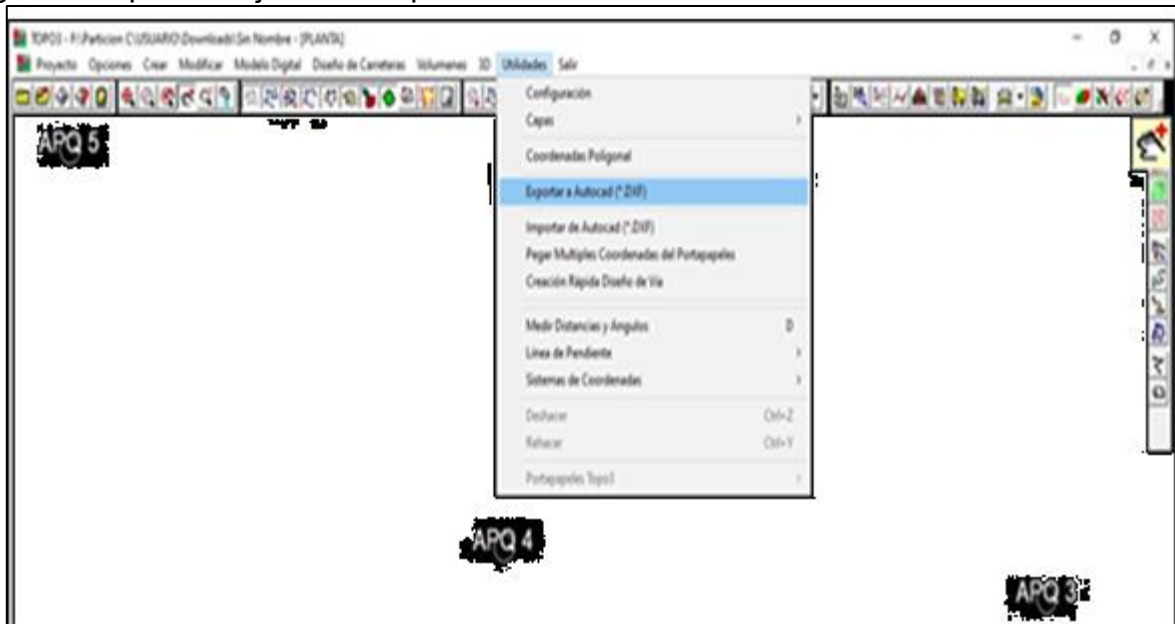
Figura 8. Opciones para pegar datos en Topo3.



Fuente. Elaboración propia con base en el software Topo3.

En Topo3 mediante del comando CTRL + A se seleccionan todos los puntos y se procede a modificar las propiedades en el menú de opciones que se despliega, ajustando los elementos a la escala final que se utilizara en el plano, con su respectiva descripción y un bloque circular que ilustra la perforación.

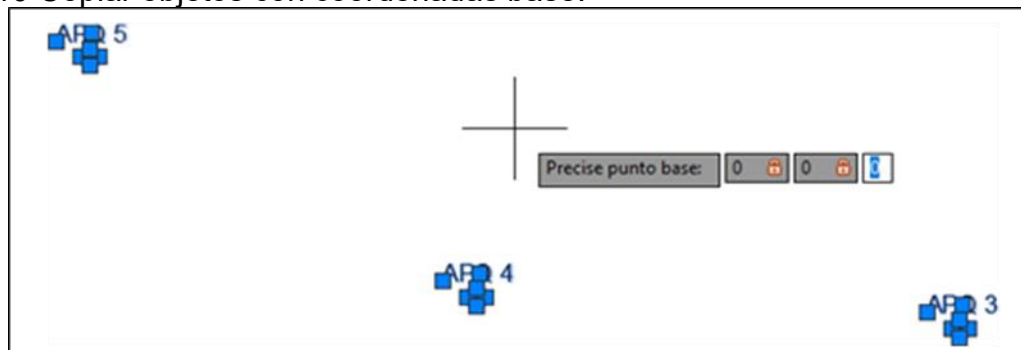
Figura 9 Exportar objetos de Topo3 a AutoCAD.



Fuente. Elaboración propia con base en el software Topo3

Los objetos exportados a AutoCAD aparecerán en un archivo de dibujo nuevo, para llevarlos al diseño se debe copiar con coordenada base, CTRL + SHIFT + C y 0,0,0, enter.

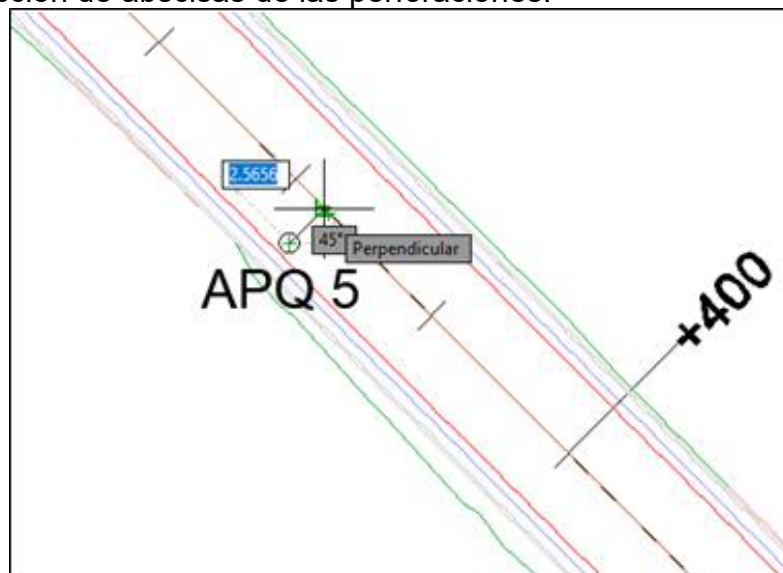
Figura 10 Copiar objetos con coordenadas base.



Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD.

Una vez ubicados los bloques de las perforaciones en el plano en planta y chequeados para que no haya información incoherente, se procede a obtener la abscisa aproximada del diseño geométrico haciendo uso de una línea perpendicular al eje de la vía.

Figura 11 Extracción de abscisas de las perforaciones.



Fuente. Elaboración propia con base en el Volumen II. Consorcio Desarrollo Pacífico

Las abscisas se registran en un archivo Excel.

Tabla 6 Abscisas de las perforaciones

DESCRIPCIÓN	NORTE	ESTE	ABSCISA
APQ 1	762066.564	1037512.75	K0+524
APQ 2	763491.839	1048306.95	K0+855
APQ 3	763479.453	1047998	K1+152

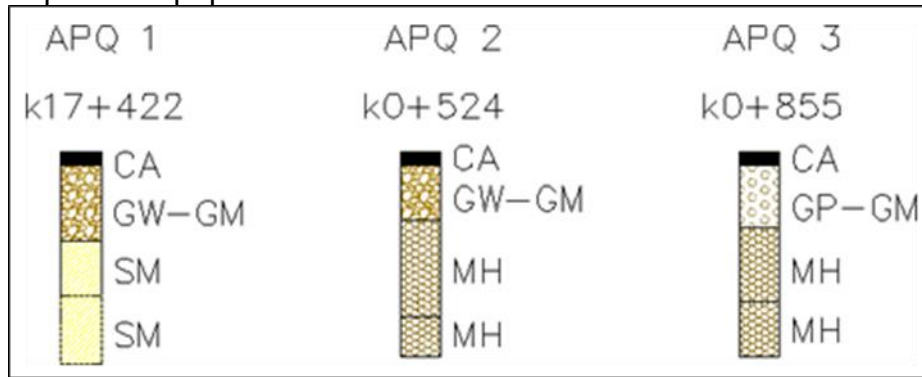
Fuente. Elaboración propia con base en el software Excel.

Para el tramo Popayán – Fondas se realizó el registro de 125 apiques y 27 sondeos, mientras que para el tramo Argelia – El plateado se hizo el registro de 90 apiques. Este registro consta de obtención y conversión de coordenadas, ubicación de los datos en los planos en planta del diseño y extracción de abscisas.

8.2 ORGANIZACIÓN DE BLOQUES DE SONDEOS Y APIQUES EN AUTOCAD.

Uno de los detalles de los planos finales del diseño geométrico que se deben incluir son los bloques de las perforaciones, tanto en planta como en perfil, el bloque en perfil se debe dibujar individualmente para cada una de las perforaciones, identificando el apique o sondeo con su respectivo nombre/número, abscisa y los diferentes tipos de suelo por los que está conformado, esto en clasificación SUCS para no saturar el dibujo, y por la misma razón los espesores de cada estrato no se ponen, sin embargo el bloque debe hacerse a una escala exagerada 10 veces en la vertical, ya que esa es la escala que se maneja en los planos.

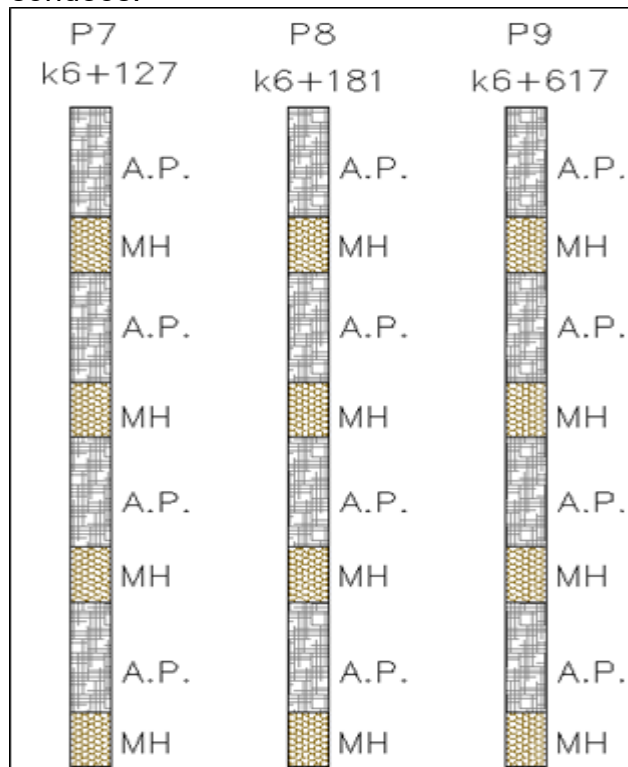
Figura 12 Bloques de apiques.



Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD.

Para el caso de los sondeos sus respectivos bloques también se realizaron de manera idéntica, manejando un mismo tipo de sombreado para cada tipo de suelo. La única diferencia gráficamente notable entre apiques y sondeos es que en los segundos existen tramos de la perforación donde sólo se anota que hay un avance con punzón (A.P.).

Figura 13 Bloques de sondeos.



Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD.

Una vez realizados todos los bloques de apiques y sondeos de los dos tramos, estos se proceden a colocar en los planos del perfil, previamente exportados a AutoCAD preferiblemente en la etapa final de la organización de los planos planta – perfil.

8.3 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LOS TRAMOS POPAYAN – FONDAS Y ARGELIA – EL PLATEADO

El diseño geométrico se llevó a cabo basado en el MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS, ELABORADO POR EL MINISTERIO DE TRANSPORTE Y EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVÍAS) EN EL AÑO 2008. A continuación, se presentan las características que se obtuvieron para el diseño.

8.3.1 Tipo de vía.

Los tramos del proyecto se clasifican como un tipo de carretera secundaria y su diseño está basado en las especificaciones de diseño Geométrico del Instituto Nacional de Vías como también las especificaciones de *GEOMETRIC DESIGN OF HIGHWAYS AND STREETS* del 2004 de la *American Association of State Highway and Transportation Officials*. (AASHTO 2004).

Tabla 7 Tipo de Vía de los tramos diseñados

Tramo	Trazado Geométrico	Descripción	Tipo de Vía
1	Existente	Popayán - Fondas	Secundaria
2	Existente	Argelia - EL Plateado	Secundaria

Fuente. Elaboración propia con base en el Volumen Diseño Geométrico. Consorcio Desarrollo Pacífico

8.3.2 Tipo de terreno.

De acuerdo a la clasificación del Manual de Diseño Geométrico INV-2008 numeral 1.2.2 de la siguiente manera:

Tabla 8 Tipo de Terreno de los tramos diseñados

Tramo	Trazado Geométrico	Descripción	Tipo Terreno	Long. (Km)
1	Existente	Popayán - Fondas	Montañoso	45.6
2	Existente	Argelia - EL Plateado	Montañoso	30.4

Fuente. Elaboración propia con base en el Volumen Diseño Geométrico. Consorcio Desarrollo Pacífico.

8.3.3 Velocidad de diseño.

A la hora de definir la Velocidad de Diseño se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Por ello la velocidad de diseño a lo largo del trazado busca que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

Para obtener la velocidad de diseño se buscan tramos homogéneos según sus componentes de diseño como pendientes y topografía, ajustando los parámetros de

diseño para una Categoría de carretera secundaria, según Tabla 9 tomada del manual INV-2008 y el tipo de terreno Montañoso.

Tabla 9 Velocidad de diseño del Tramos

Tramo	Trazado Geométrico	Descripción	Velocidad (Km/h)
1	Existente	Popayán - Fondas	40
2	Existente	Argelia – El Plateado	40

Fuente. Elaboración propia con base en el Volumen Diseño Geométrico. Consorcio Desarrollo Pacífico.

Tabla 10 Velocidad de diseño de tramos homogéneos.

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

Fuente. Manual Diseño Geométrico INV-2008

8.3.4 Velocidad de las curvas horizontales.

Buscando que el tramo homogéneo mantenga la velocidad de diseño asignada se realiza el chequeo de la velocidad de las curvas horizontales con el criterio de asignación de la velocidad en el numeral 2.1.3.1 del manual de diseño geométrico de carreteras de INVÍAS y con ayuda de la tabla 11.

Tabla 11 Velocidad Específica de una curva horizontal (VCH) incluida en un tramo homogéneo con Velocidad de Diseño VTR

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

Fuente. Manual Diseño Geométrico INV-2008

Tabla 12 Tabla de asignación de velocidades de curvas horizontales.

#	Tipo	Deflexión	Entretangencia Chequeo	Radio (m)	Vch Avance (Km/h)	Vch Contra (Km/h)	Velocidad Específica Propuesta Vch (Km/h)
PI	Curva	g,m,s l/D	(m)		(Km/h)	(Km/h)	(Km/h)
Inicia I			98.796		40		
1	EE	23,28,9 D	47.316	41	40	40	40
2	ECE	47,40,54 I	64.778	41	40	40	40
3	ECE	33,45,45 D	37.257	41	40	40	40
4	ECE	48,11,7 I	115.631	41	40	40	40
5	ECE	32,11,21 D	70.556	41	40	40	40
6	EE	21,40,35 I	75.957	41	40	40	40
7	EE	19,3,38 D	36.266	41	40	40	40
8	EE	11,25,55 I	48.759	41	40	40	40
9	ECE	45,44,48 D	38.61	41	40	40	40
10	ECE	61,52,27 I	85.85	41	40	40	40
11	ECE	41,36,41 D	50.079	41	40	40	40
12	ECE	41,42,29 I	41.455	41	40	40	40
13	EE	27,7,17 D	139.433	41	40	40	40
14	ECE	39,47,15 D	54.023	41	40	40	40
15	EE	18,34,48 I	125.373	41	40	40	40
16	EE	21,9,16 I	39.844	41	40	40	40
17	EE	18,48,38 D	198.024	41	40	40	40
18	ECE	45,8,12 I	44.343	41	40	40	40
19	EE	17,31,41 D	106.244	41	40	40	40
20	EE	28,21,5 D	41.784	41	40	40	40
21	ECE	67,27,48 I	92.999	41	40	40	40
22	EE	18,27,1 I	41.872	41	40	40	40

#	Tipo	Deflexión	Entretangencia Chequeo	Radio (m)	Vch Avance	Vch Contra	Velocidad Especifica Propuesta Vch
PI	Curva	g,m,s I/D	(m)		(Km/h)	(Km/h)	(Km/h)
23	ECE	37,7,46 D	49.425	41	40	40	40
24	EE	12,58,51 I	59.352	41	40	40	40
25	EE	10,24,49 D	42.393	41	40	40	40
26	EE	34,52,30 I	45.695	41	40	40	40
27	ECE	85,2,26 D	62.043	41	40	40	40
28	ECE	176,25,4 I	38.981	41	40	40	40

Fuente. Volumen Diseño Geométrico. Consorcio Desarrollo Pacífico.

8.3.5 Sección transversal típica.

8.3.5.1 Ancho de calzada.

Según el Manual del INVÍAS “La calzada es la parte de la corona destinada a la circulación de vehículos y constituida por dos o más carriles”, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos. Para la definición del ancho de calzada de cada uno de los tramos se tuvo en cuenta la Tabla 14 tomada del manual INV-2008.

Tabla 13 Ancho de calzada de los tramos

Tramo	Trazado Geométrico	Descripción	Ancho de calzada (m)
1	Existente	Popayán - Fondas	6.6
2	Existente	Argelia – El Plateado	6.6

Fuente: Elaboración propia con base en el Volumen Diseño Geométrico. Consorcio Desarrollo Pacífico.

Tabla 14 Ancho de calzada

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V _{TR}) (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Montañoso	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-
	Ondulado	-	-	-	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Montañoso	-	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	6.00	6.60	7.00	-	-	-	-	-
Terciaria	Plano	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	6.00	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente. Manual Diseño Geométrico INV-2008

8.3.5.2 Bombeo normal.

De acuerdo a la recomendación del Manual de diseño geométrico INV - 2008, Tabla 15 en este documento se utiliza en este proyecto el bombeo normal de la calzada igual a 2.0 %, para una vía con superficie en concreto hidráulico o asfáltico.

Tabla 15 Bombeo de la Calzada

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	BOMBEO (%)
Superficie de concreto hidráulico o asfáltico	2
Tratamientos superficiales	2 – 3
Superficie de tierra o grava	2 – 4

Fuente. Manual Diseño Geométrico INV-2008

8.3.5.3 Berma.

De acuerdo a la recomendación del Manual de diseño geométrico INV - 2008, Tabla 17, si la carretera tiene una sola calzada, las bermas deben tener anchos iguales.

Tabla 16 Ancho de berma de los tramos.

Tramo	Trazado Geométrico	Descripción	Ancho de berma(m)
1	Existente	Popayán - Fondas	0.5
2	Existente	Argelia – El Plateado	0.5

Fuente: Elaboración propia con base en el Volumen Diseño Geométrico. Consorcio Desarrollo Pacífico.

Tabla 17 Ancho de berma.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V _{TR}), km/h									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas ¹	Plano	-	-	-	-	-	-	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	2.0/1.0	2.0/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Montañoso	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	2.0/1.0	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	2.00	2.00	2.50	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	1.80	2.00	2.00	2.50	-
	Montañoso	-	-	-	-	1.50	1.50	1.80	1.80	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	1.50	1.50	1.80	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	1.00	1.50	1.80	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	1.00	1.00	1.50	1.80	-	-	-
	Montañoso	-	-	0.50	0.50	1.00	1.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-
Terciaria ²	Plano	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	0.50	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-

¹ Berma derecha/Berma izquierda

² Berma cuneta

Fuente. Manual Diseño Geométrico INV-2008.

8.3.5.4 Resumen secciones típicas.

Las secciones transversales propuestas serán las que el proyecto permita ajustar y de acuerdo con las condiciones económicas del mismo, las secciones típicas estarán conformadas por dos carriles bidireccionales, y cunetas de 0.7 m.

Tabla 18 Ancho de sección típica para fase II.

Tramo	Trazado Geométrico	Descripción	Tipo de Terreno	Vel. (Km/h)	Ancho de Calzada	Ancho de Berma
1	Existente	Popayán - Fondas	Montañoso	40	6.6	0.5
2	Existente	Argelia – El Plateado	Montañoso	40	6.6	0.5

Fuente. Elaboración propia con base en el Volumen Diseño Geométrico. Consorcio Desarrollo Pacífico.

8.3.5.5 Sección transversal típica propuesta para tramo 1 y tramo 2.

Teniendo en cuenta el manual de diseño geométrico, se ajusta la sección transversal típica para carreteras secundarias en diferentes tipos de terreno y para una velocidad de diseño entre 40 km/h y 60 km/h, se obtiene una sección transversal de la siguiente manera:

Sección sin cuneta en terraplén.

Tabla 19 Ancho de sección tramo 1 y tramo 2-fase II- velocidad 40 km/h.

ELEMENTO	ANCHO (m)
<i>Calzada</i>	6.6
<i>Berma</i>	0.5
<i>Cuneta</i>	0.7
Total	8.3

Fuente. Volumen Diseño Geométrico. Consorcio Desarrollo Pacífico.

Los taludes utilizados para realizar el pre diseño geométrico son los sugeridos en el documento de fase I “Vol. II Identificaciones alternativas V.1” y son los siguientes taludes:

- ✓ Relleno: 1.5H: 1V
- ✓ Corte: 0.75H: 1V con bermas de 3.0 m cada 10 m de altura.

En los anexos de este documento se evidencia la cartera de configuración de secciones típicas y su abscisado.

8.3.6 Diseño en planta.

8.3.6.1 Tipo de curvas horizontales

El diseño preliminar de los tramos tiene parámetros y elementos geométricos con curvas espiralizadas, es decir se utilizaron curvas espiral-circulo-espiral y espiral-espiral, con el fin de que exista una buena transición de peralte y que proporcione comodidad al usuario que transitara por la vía.

8.3.6.2 Radio mínimo

El radio mínimo de cada curva, se calcula con la siguiente formula obteniendo los resultados en la Tabla 20 tomada del manual de Diseño Geométrico INV-2008 El radio

mínimo seleccionado para una velocidad específica de 40Km/h fue de 41m para los tramos 1 y 2. Los radios de curvatura utilizados para cada uno de los tramos diseñados se pueden observar en el anexo (Elementos de curvas Horizontales).

$$R_{cmin} = \frac{(V_{CH})^2}{127 * (e_{max} + f_{Tmax})} \quad (1)$$

Tabla 20 Radios mínimos para peralte máximo del 8%.

Radios mínimos para peralte máximo $e_{m\acute{a}x} = 8 \%$ y fricción máxima

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V _{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL f _{Tmáx}	TOTAL e _{máx} + f _{Tmáx}	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
40	8,0	0,23	0,31	40,6	41
50	8,0	0,19	0,27	72,9	73
60	8,0	0,17	0,25	113,4	113
70	8,0	0,15	0,23	167,8	168
80	8,0	0,14	0,22	229,1	229
90	8,0	0,13	0,21	303,7	304
100	8,0	0,12	0,20	393,7	394
110	8,0	0,11	0,19	501,5	501
120	8,0	0,09	0,17	667,0	667
130	8,0	0,08	0,16	831,7	832

Fuente. Manual Diseño Geométrico INV-2008.

8.3.6.3 Longitud mínima de curva espiral

La longitud mínima de curva espiral L_e se define calculando los criterios dados en el numeral 3.3.1 del manual de diseño geométrico de carreteras 2008, tomando el valor superior entre siguientes criterios.

- ✓ Criterio I: Variación de la aceleración Centrifuga (J), no compensada por el peralte; el valor de (J) se obtiene de la tabla 3.7 del manual enunciado anteriormente.

$$L_e = \frac{V_{CH}}{46.656 * I} * \left(\frac{V_{CH}^2}{Rc} - 1.27e \right) \quad (2)$$

- ✓ Criterio II: limitación por transición del peralte, para este cálculo se tiene en cuenta la inclinación máxima permitida de la rampa de peraltes (Δs) valor tomado de la tabla 3.6 del manual de diseño geométrico.

$$L_{e_{min}} = \frac{e * a}{\Delta s_{max}} \quad (3)$$

- ✓ Criterio III: Condición de percepción y estética

Criterio III.1: Se asume un disloque mínimo de 0.25 cm.

$$Le_{min}=\sqrt{6*R_C} \quad (4)$$

Criterio III.2: Angulo de giro de la espiral mínimo de tres grados (3°).

$$Le_{min}=1.10472 * R_C \quad (5)$$

8.3.6.4 Longitud máxima de curva espiral

Se define siguiendo los siguientes criterios, y se toma el menor valor entre estos dos.

✓ Criterio I:

$$Le_{min}=1.21 * R_C \quad (6)$$

✓ Criterio II:

$$Le_{min}=\frac{e * a}{\Delta S_{max}} \quad (7)$$

La longitud de espiral (Le) para cada curvatura utilizados en el pre diseño geométrico se puede observar en el anexo (Elementos de curvas).

8.3.6.5 Longitud mínima de arco circular

La longitud mínima de arco circular aceptable para una curva espiral-circulo-espiral simétrica es la correspondiente a la distancia que pueda recorrer un vehículo a la velocidad específica (VCH) del elemento durante dos segundos definida en el numeral 3.1.1.3 del manual de diseño geométrico de carreteras 2008.

$$LC_{min}=0.556 * V_{CH} \quad (8)$$

Los valores de los peraltes de cada una de las curvas para la velocidad de los diferentes tramos se adoptaron de la norma INV -2008 ilustrada en la Tabla 21 del presente documento donde se presenta el valor del peralte en función de la VCH y el RC para carreteras terciarias.

Tabla 21 Valores de los peraltes adoptados (%).

Radios (R_C) según Velocidad Específica (V_{CH}) y Peraltes (e) para $e_{m\acute{a}x} = 6\%$.

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

Fuente. Manual Diseño Geométrico INV-2008

Tabla 22 Ejemplo de cuadro elementos de curva horizontal

PI#	Tipo curva	Delta	Longitud	TE (m)	Radio (m)	LC (m)	Le (m)
		<i>g,m,s,ID</i>					
5	E - E	9,43,56 I	76	38.064	223.712		38
6	E - C - E	57,33,40 D	160.556	86.204	120	80.556	40
7	E - E	24,21,40 I	100	50.537	117.597		50
8	E - E	26,45,26 D	76	38.494	81.37		38
9	E - E	14,24,42 I	80	40.149	159.027		40
10	E - E	12,39,27 D	80	40.114	181.065		40
11	E - C - E	55,4,48 D	140.746	75.087	110	70.746	35
12	E - E	27,45,43 I	96	48.673	99.063		48
13	E - C - E	38,16,9 D	109.472	56.319	110	37.472	36
14	E - C - E	39,16,17 I	110.396	56.897	110	40.396	35
15	E - C - E	53,22,8 I	221.293	118.145	200	151.293	35
16	E - C - E	27,8,44 D	129.756	65.842	200	59.756	35
17	E - E	18,9,56 D	90	45.267	141.935		45
18	E - E	20,4,31 D	90	45.326	128.432		45
19	E - E	18,54,10 I	90	45.289	136.398		45
20	E - E	14,28,1 I	82	41.153	162.38		41
21	E - E	15,36,34 I	84	42.183	154.163		42

PI#	Tipo curva	Delta	Longitud	TE (m)	Radio (m)	LC (m)	Le (m)
		g,m,s,ID					
22	E - C - E	35,30,21 D	100.166	51.33	110	36.166	32
23	E - E	9,58,50 I	80	40.071	229.633		40
24	E - E	1,40,8 I	60	30.001	1029.877		30
25	E - E	10,7,10 I	76	38.069	215.153		38
26	E - E	16,32,2 I	80	40.196	138.613		40
27	E - C - E	60,40,1 I	215.002	117.143	170	145.002	35
28	E - E	31,42,14 D	76	38.7	68.674		38

Fuente. Elaboración propia con base en el Volumen Diseño Geométrico. Consorcio Desarrollo Pacífico.

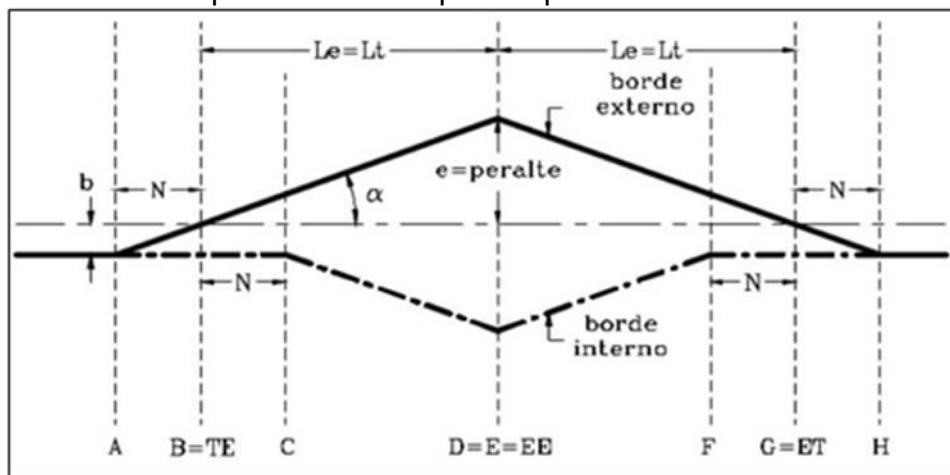
8.3.6.6 Transición de peralte para curvas espiral-circulo-espiral

Teniendo en cuenta que el diseño geométrico se realizó con curvas espiral-circulo-espiral, la transición de peralte corresponde a la longitud de la espiral ($Le=L$) más la distancia de aplanamiento (N), el método utilizado para realizar dicha transición se hace girando el pavimento de la calzada alrededor de su línea central (Eje).

8.3.6.7 Transición de peralte para curvas espiral-espiral

Cuando se tiene curvas espiral-espiral, la transición de peralte sigue los mismos lineamientos que una curva espiral – circulo – espiral, es decir que su transición se desarrolla en la longitud de la espiral (Le), ocasionando que no se tenga un tramo constante de peralte máximo, lo que genera cambios bruscos del peraltado, así como se muestra en la siguiente ilustración.

Figura 14 Transición de peralte curva espiral-espiral.

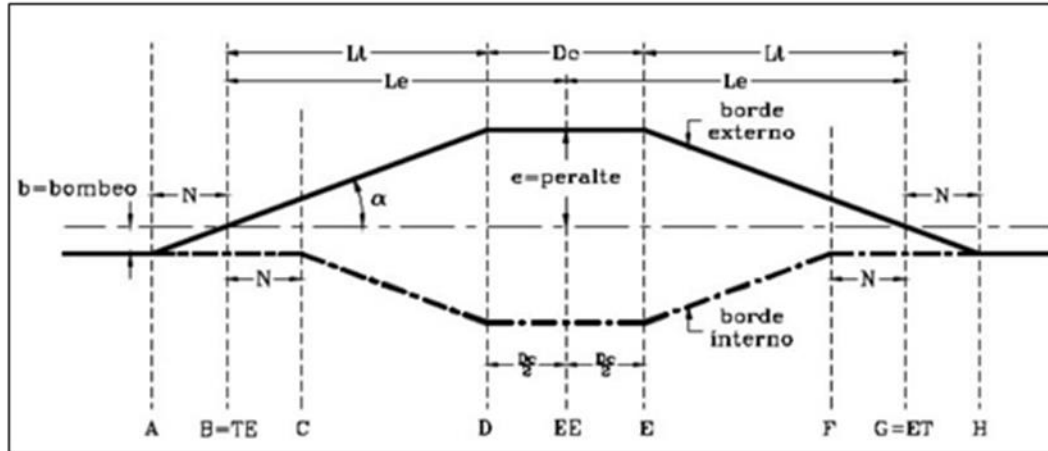


Fuente. Diseño geométrico de vías - John Jairo Agudelo Ospina

Una forma para evitar lo mostrado en la figura anterior es ubicar un tramo de peralte máximo en la mitad de la curva espiral-espiral, cuya longitud corresponda a la distancia que un vehículo pueda recorrer a la velocidad específica durante 2 segundos.

$$Long \text{ en peralte max} = 2 \text{ seg} * \frac{1h}{3600s} * VCH \quad (9)$$

Figura 15 Transición de peralte recomendada curva espiral-espiral.



Fuente. Diseño geométrico de vías - John Jairo Agudelo Ospina.

Las longitudes de transición de peralte se ajustaron a la pendiente máxima y mínima relativa de la rampa de peraltes (Δs) indicada en la Tabla 23 del presente documento, tomada de la norma INV-2008.

Tabla 23 Pendiente relativa de la rampa de peraltes (ΔS).

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

Fuente. Manual Diseño Geométrico INV-2008.

Tabla 24 Resumen Cuadro De Elementos De Curvas Horizontales Tramo 1 Popayán - Fondas

RESUMEN CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES										
PI#	Tipo curva	Delta (g, m, s, ID)	TE (m)	Radio (m)	LC (m)	Le (m)	Entretangencia (m)	Peralte (%)	Δs (%)	
									Entrada	Salida
6	E - C - E	57,33,40 D	86.204	120	80.556	40	55.755	5.7	0.47	0.41
7	E - E	24,21,40 I	50.537	117.597		50	57.567	5.75	0.43	0.42
8	E - E	26,45,26 D	38.494	81.37		38	125.775	6.72	0.66	0.83
9	E - E	14,24,42 I	40.149	159.027		40	109.443	5.05	0.58	0.58
10	E - E	12,39,27 D	40.114	181.065		40	81.945	4.76	0.54	0.54
11	E - C - E	55,4,48 D	75.087	110	70.746	35	91.805	5.91	0.56	0.56
12	E - E	27,45,43 I	48.673	99.063		48	60.745	6.17	0.55	0.44
13	E - C - E	38,16,9 D	56.319	110	37.472	36	37.42	5.91	0.43	0.53
14	E - C - E	39,16,17 I	56.897	110	40.396	35	209.192	5.91	0.54	0.56
15	E - C - E	53,22,8 I	118.145	200	151.293	35	52.354	4.5	0.42	0.34
16	E - C - E	27,8,44 D	65.842	200	59.756	35	72.138	4.5	0.34	0.42
17	E - E	18,9,56 D	45.267	141.935		45	70.147	5.3	0.52	0.52
18	E - E	20,4,31 D	45.326	128.432		45	72.794	5.54	0.54	0.54
19	E - E	18,54,10 I	45.289	136.398		45	146.157	5.39	0.53	0.53
20	E - E	14,28,1 I	41.153	162.38		41	70.85	5.01	0.55	0.55
21	E - E	15,36,34 I	42.183	154.163		42	56.107	5.12	0.55	0.42
22	E - C - E	35,30,21 D	51.33	110	36.166	32	59.621	5.91	0.47	0.45
23	E - E	9,58,50 I	40.071	229.633		40	97.433	4.13	0.34	0.47
24	E - E	1,40,8 I	30.001	1029.877		30	212.44	2	0.35	0.35
25	E - E	10,7,10 I	38.069	215.153		38	200.1	4.31	0.53	0.53
26	E - E	16,32,2 I	40.196	138.613		40	65.816	5.36	0.61	0.61
27	E - C - E	60,40,1 I	117.143	170	145.002	35	46.323	4.91	0.46	0.41
28	E - E	31,42,14 D	38.7	68.674		38	208.302	7.17	0.74	0.88
29	E - E	2,42,59 I	24.003	506.199		24	115.968	2.22	0.57	0.57
30	E - C - E	56,9,4 I	47.306	60	28.801	30	38.188	7.48	0.82	0.72
31	E - C - E	38,29,9 D	46.548	90	30.453	30	80.169	6.43	0.62	0.71
32	E - E	12,18,36 I	40.108	186.176		40	74.133	4.68	0.54	0.54
33	E - E	8,10,17 I	42.05	294.496		42	161.818	3.47	0.37	0.37
34	E - C - E	57,46,17 D	122.054	180	136.495	45	92.942	4.77	0.35	0.35
35	E - C - E	41,49,9 D	67.059	120	45.586	42	62.002	5.7	0.45	0.45
36	E - C - E	68,31,14 I	97.621	121	114.705	30	122.883	5.68	0.62	0.62
37	E - C - E	47,24,18 D	91.135	150	74.106	50	172.773	5.17	0.34	0.34
38	E - E	29,56,18 I	40.655	76.552		40	69.006	6.88	0.79	0.79
39	E - C - E	39,14,1 D	48.988	95	35.052	30	56.666	6.29	0.69	0.69
40	E - C - E	34,7,31 I	38.674	85	25.626	25	56.704	6.6	0.87	0.63

RESUMEN CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES										
PI#	Tipo curva	Delta (g, m, s, ID)	TE (m)	Radio (m)	LC (m)	Le (m)	Entretangencia (m)	Peralte (%)	Δs (%)	
									Entrada	Salida
41	E - E	18,50,17 D	50.319	152.075		50	231.378	5.15	0.35	0.44
42	E - C - E	26,39,30 I	64.941	200	58.055	35	112.442	4.5	0.42	0.42
43	E - C - E	37,14,5 I	41.229	85	30.239	25	58.48	6.6	0.87	0.87
44	E - E	20,36,38 D	45.344	125.096		45	72.759	5.6	0.55	0.55
45	E - E	23,29,56 D	45.449	109.721		45	46.136	5.92	0.58	0.57
46	E - E	16,5,45 I	45.209	160.185		45	118.25	5.04	0.48	0.49
47	E - C - E	64,53,32 I	53.51	60	37.955	30	39.466	7.48	0.82	0.77
48	E - C - E	83,15,9 D	61.166	45	25.386	40	38.333	7.93	0.62	0.64
49	E - C - E	74,59,50 I	51.185	45	26.903	32	49.192	7.93	0.79	0.67
50	E - E	9,31,59 D	38.062	228.386		38	177.492	4.15	0.4	0.51
51	E - C - E	84,54,13 D	109.333	97	103.739	40	235.198	6.23	0.51	0.51
52	E - E	16,12,27 I	35.165	123.729		35	111.969	5.63	0.78	0.78
53	E - E	10,31,42 D	40.079	217.685		40	106.258	4.28	0.49	0.49
54	E - E	4,0,27 D	29.008	414.617		29	94.134	2.64	0.49	0.49
55	E - C - E	61,18,44 I	57.823	70	42.907	32	39.673	7.12	0.73	0.69
56	E - C - E	42,25,57 D	65.234	116	45.908	40	126.777	5.78	0.46	0.48
57	E - E	15,17,21 D	40.167	149.898		40	88.225	5.17	0.59	0.59
58	E - E	11,56,29 I	40.102	191.921		40	58.458	4.6	0.53	0.4
59	E - E	8,46,17 D	39.053	254.751		39	105.028	3.85	0.34	0.46
60	E - C - E	65,21,17 I	85.819	102	76.347	40	119.339	6.1	0.5	0.5
61	E - C - E	36,24,3 D	47.991	100	33.532	30	156.873	6.15	0.68	0.68
62	E - C - E	41,28,1 I	39.125	70	25.661	25	76.128	7.12	0.94	0.94
63	E - E	33,37,41 I	40.832	68.152		40	66.47	7.19	0.82	0.82
64	E - C - E	68,49,9 D	53.101	55	36.062	30	45.083	7.68	0.84	0.7
65	E - E	25,34,34 I	35.415	78.407		35	87.393	6.82	0.75	0.94
66	E - E	28,26,50 D	45.663	90.635		45	182.23	6.41	0.62	0.62
67	E - C - E	45,41,59 I	46.338	80	38.809	25	93.363	6.77	0.89	0.89
68	E - E	21,17,23 D	35.286	94.193		35	156.385	6.31	0.87	0.87
69	E - C - E	61,28,6 D	54.327	70	50.098	25	81.08	7.12	0.94	0.94
70	E - E	23,53,24 I	35.361	83.941		35	36.232	6.64	0.92	0.81
71	E - C - E	38,14,34 D	38.611	75	25.06	25	36.378	6.93	0.81	0.83
72	E - E	26,50,10 I	38.497	81.131		38	139.194	6.73	0.76	0.83
73	E - C - E	60,25,44 I	50.273	60	33.281	30	37.359	7.48	0.82	0.76
74	E - E	23,41,31 D	35.355	84.643		35	59.229	6.61	0.83	0.91
75	E - E	48,4,43 D	41.766	47.669		40	42.315	7.88	0.9	0.87
76	E - C - E	109,42,54 I	106.735	60	74.893	40	79.71	7.48	0.6	0.62
77	E - E	27,29,21 I	40.55	83.372		40	47.144	6.65	0.76	0.68

RESUMEN CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES										
PI#	Tipo curva	Delta (g, m, s, ID)	TE (m)	Radio (m)	LC (m)	Le (m)	Entretangencia (m)	Peralte (%)	Δs (%)	
									Entrada	Salida
78	E - E	31,38,58 D	40.734	72.413		40	153.339	7.02	0.71	0.8
79	E - C - E	69,40,21 D	53.714	55	36.881	30	47.903	7.68	0.84	0.84
80	E - C - E	66,32,36 I	52.552	55	31.877	32	56.147	7.68	0.79	0.79
81	E - E	32,56,24 I	38.757	66.097		38	36.693	7.26	0.89	0.86
82	E - C - E	65,8,48 D	48.432	50	24.851	32	33.399	7.84	0.79	0.78
83	E - C - E	58,52,52 I	46.389	55	26.522	30	61.406	7.68	0.81	0.84
84	E - C - E	67,55,3 D	55.797	60	41.123	30	38.277	7.48	0.82	0.78
85	E - E	32,1,31 I	40.752	71.563		40	96.982	7.06	0.76	0.81
86	E - C - E	78,59,0 D	119.33	120	125.422	40	178.54	5.7	0.47	0.47
87	E - C - E	46,53,2 I	53.055	85	37.554	32	34.957	6.6	0.68	0.64
88	E - C - E	41,29,15 D	45.459	80	27.927	30	36.603	6.77	0.7	0.67
89	E - C - E	38,39,51 I	44.959	85	27.359	30	80.68	6.6	0.65	0.73
90	E - C - E	55,47,39 I	63.88	90	55.641	32	60.524	6.43	0.66	0.66
91	E - C - E	37,53,22 D	58.823	120	44.355	35	74.273	5.7	0.54	0.54
92	E - E	20,57,24 D	35.277	95.69		35	68.979	6.27	0.87	0.87
93	E - E	29,34,58 I	40.639	77.471		40	46.687	6.85	0.78	0.68
94	E - C - E	33,12,9 D	56.364	130	40.334	35	108.622	5.51	0.46	0.52
95	E - C - E	45,44,18 I	55.677	90	36.845	35	176.047	6.43	0.61	0.61
96	E - E	3,9,2 I	30.005	545.587		30	94.454	2.09	0.36	0.36
97	E - C - E	100,53,4 I	95.898	64	77.689	35	132.06	7.33	0.69	0.69
98	E - C - E	51,8,30 D	60.813	90	45.333	35	97.662	6.43	0.61	0.61
99	E - E	26,44,5 D	40.519	85.725		40	80.902	6.58	0.75	0.75
100	E - C - E	42,21,34 I	56.427	100	38.931	35	158.74	6.15	0.58	0.58
101	E - C - E	30,17,12 D	63.403	160	44.576	40	102.088	5.04	0.42	0.42
102	E - E	17,15,59 D	40.214	132.734		40	137.204	5.46	0.62	0.62
103	E - C - E	46,8,6 D	56.047	90	37.469	35	66.147	6.43	0.61	0.61
104	E - C - E	57,43,21 I	59.332	80	50.596	30	68.761	6.77	0.74	0.74
105	E - C - E	63,45,43 D	89.291	115	92.978	35	132.494	5.8	0.55	0.55
106	E - E	21,48,0 D	35.3	91.989		35	59.056	6.37	0.88	0.88
107	E - E	32,37,23 I	37.723	64.983		37	60.963	7.3	0.93	0.93
108	E - E	28,47,48 I	38.574	75.608		38	42.767	6.91	0.85	0.76
109	E - E	28,43,36 D	35.526	69.808		35	35.911	7.13	0.87	0.92
110	E - C - E	76,7,36 I	62.441	60	49.72	30	31.956	7.48	0.78	0.8
111	E - C - E	88,51,28 D	82.173	68	75.459	30	83.343	7.2	0.77	0.79
112	E - C - E	71,6,5 I	59.347	60	42.457	32	199.941	7.48	0.77	0.77
113	E - C - E	29,48,0 D	54.839	140	37.815	35	36.84	5.33	0.5	0.5
114	E - C - E	29,48,28 D	47.014	120	32.43	30	39.059	5.7	0.63	0.59

RESUMEN CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES										
PI#	Tipo curva	Delta (g, m, s, ID)	TE (m)	Radio (m)	LC (m)	Le (m)	Entretangencia (m)	Peralte (%)	Δs (%)	
									Entrada	Salida
115	E - E	29,30,53 I	40.636	77.651		40	47.499	6.85	0.73	0.65
116	E - C - E	43,58,14 D	48.492	80	29.394	32	41.453	6.77	0.59	0.58
117	E - C - E	45,48,15 I	42.727	70	29.96	26	26.849	7.12	0.73	0.9
118	E - C - E	49,30,45 D	43.67	65	29.17	27	33.435	7.3	0.89	0.82
119	E - C - E	37,31,3 I	45.694	90	28.932	30	33.729	6.43	0.65	0.69
120	E - C - E	110,29,23 D	82.484	44	49.85	35	46.957	7.95	0.74	0.64
121	E - C - E	155,47,31 I	296.586	59	125.426	35	64.076	7.52	0.61	0.71
122	PI AUX									
123	E - C - E	41,3,31 D	41.213	75	27.746	26	34.333	6.93	0.88	0.82
124	E - E	16,22,8 I	35.168	122.511		35	33.547	5.65	0.72	0.76
125	E - C - E	64,0,2 D	49.756	55	31.436	30	111.571	7.68	0.83	0.84
126	E - C - E	60,35,9 D	99.139	135	102.752	40	62.656	5.42	0.45	0.45
127	E - C - E	96,39,15 I	80.269	55	57.781	35	62.244	7.68	0.72	0.72
128	E - C - E	67,21,42 I	58.002	60	35.541	35	40.756	7.48	0.71	0.65
129	E - C - E	54,51,35 D	64.483	90	51.173	35	38.731	6.43	0.56	0.56
130	E - C - E	33,15,9 I	49.429	115	36.742	30	49.088	5.8	0.58	0.64
131	E - C - E	83,12,41 D	68.441	62	64.043	26	35.251	7.4	0.94	0.88
132	E - E	7,22,53 I	38.037	294.965		38	36.55	3.46	0.4	0.4
133	E - C - E	54,34,14 D	44.687	60	30.146	27	36.834	7.48	0.85	0.83
134	E - E	15,26,10 I	35.149	129.913		35	59.739	5.51	0.68	0.76
135	E - C - E	54,28,59 D	42.591	55	24.3	28	29.049	7.68	0.91	0.89
136	E - C - E	47,8,12 I	42.552	65	25.475	28	144.289	7.3	0.84	0.86
137	E - C - E	36,11,33 I	38.738	80	25.534	25	28.318	6.77	0.89	0.86
138	E - C - E	58,25,20 D	43.392	52	25.022	28	62.585	7.8	0.89	0.92
139	E - E	12,7,49 I	40.105	188.936		40	48.024	4.64	0.53	0.42
140	E - C - E	42,37,38 D	39.943	70	27.079	25	31.887	7.12	0.72	0.84
141	E - C - E	57,48,26 I	49.625	65	38.58	27	39.136	7.3	0.8	0.79
142	E - E	37,22,33 D	37.959	56.72		37	38.626	7.61	0.85	0.87
143	E - C - E	50,31,36 I	42.546	60	24.911	28	89.535	7.48	0.79	0.88
144	E - E	32,50,45 I	38.753	66.286		38	38.56	7.26	0.89	0.84
145	E - E	14,5,1 D	32.113	130.185		32	58.46	5.51	0.8	0.87
146	E - E	13,9,43 I	31.096	134.948		31	42.641	5.42	0.9	0.69
147	E - C - E	71,21,43 D	51.395	50	32.275	30	51.156	7.84	0.72	0.69
148	E - E	31,58,38 I	42.787	75.254		42	139.805	6.92	0.59	0.74
149	E - C - E	33,42,2 I	45.39	100	28.819	30	61.677	6.15	0.68	0.68
150	E - C - E	64,8,44 D	46.944	52	30.217	28	38.567	7.8	0.92	0.84
151	E - E	27,58,45 I	38.541	77.816		38	89.712	6.84	0.76	0.84

RESUMEN CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES										
PI#	Tipo curva	Delta (g, m, s, ID)	TE (m)	Radio (m)	LC (m)	Le (m)	Entretangencia (m)	Peralte (%)	Δs (%)	
									Entrada	Salida
152	E - E	25,53,36 D	38.462	84.085		38	48.992	6.63	0.81	0.64
153	E - C - E	90,51,38 I	66.471	50	49.291	30	59.99	7.84	0.69	0.86
154	E - E	9,56,37 I	35.062	201.673		35	100.796	4.48	0.62	0.62
155	E - C - E	87,47,15 D	63.78	50	46.609	30	56.115	7.84	0.86	0.86
156	E - C - E	50,8,51 D	46.951	70	33.267	28	58.22	7.12	0.84	0.84
157	E - C - E	58,26,39 I	63.691	82	48.644	35	41.291	6.7	0.63	0.58
158	E - E	11,14,49 D	35.079	178.301		35	83.893	4.8	0.59	0.66
159	E - C - E	29,11,42 D	63.358	170	48.623	38	160.01	4.91	0.43	0.43
PQ-47	Sin Curva	2,5,27 D								
161	E - E	17,38,47 I	40.223	129.875		40	431.565	5.51	0.63	0.63
PQ-49	Sin Curva	0,51,56 D								
163	E - E	2,36,10 I	30.004	660.4		30	265.025	2	0.35	0.35
PQ-51	Sin Curva	0,23,32 D								
165	E - C - E	31,50,40 I	56.019	140	45.811	32	104.068	5.33	0.55	0.55
166	E - C - E	33,56,28 I	57.281	130	42.01	35	136.481	5.51	0.52	0.52
167	E - E	15,18,59 I	40.168	149.633		40	76.153	5.18	0.59	0.59
168	E - C - E	74,54,38 D	58.682	55	39.909	32	40.862	7.68	0.79	0.74
169	E - E	10,15,18 I	40.075	223.483		40	66.63	4.21	0.44	0.48
170	E - C - E	59,17,20 I	52.293	65	37.261	30	149.332	7.3	0.8	0.8
171	E - C - E	66,43,55 D	54.891	60	39.882	30	90.578	7.48	0.82	0.82
172	E - E	8,59,17 D	39.056	248.614		39	42.206	3.92	0.46	0.41
173	E - C - E	40,51,13 I	56.085	110	48.434	30	114.207	5.91	0.58	0.65
174	E - E	8,14,11 I	38.046	264.345		38	69.024	3.75	0.46	0.46
175	E - C - E	88,31,1 D	113.484	98	116.401	35	98.665	6.2	0.58	0.58
176	E - E	26,34,37 I	35.449	75.455		35	58.286	6.92	0.96	0.96
177	E - C - E	65,27,14 D	53.929	60	38.543	30	30.734	7.48	0.82	0.81
178	E - C - E	43,47,18 I	43.324	70	23.498	30	59.418	7.12	0.77	0.78
179	E - E	25,41,33 I	40.479	89.202		40	75.528	6.46	0.74	0.74
180	E - C - E	36,52,18 D	60.956	130	48.659	35	41.643	5.51	0.52	0.47
181	E - C - E	88,23,56 I	60.61	45	37.428	32	57.34	7.93	0.73	0.82
182	E - E	22,40,31 I	35.325	88.438		35	45.582	6.49	0.9	0.73
183	E - E	22,56,6 D	35.332	87.437		35	108.47	6.52	0.74	0.9
184	E - C - E	42,55,24 D	60.913	110	47.407	35	39.536	5.91	0.56	0.51
185	E - E	14,51,15 I	30.118	115.717		30	39.772	5.79	0.85	0.88
186	E - E	28,46,3 D	38.573	75.684		38	66.011	6.91	0.77	0.85
187	E - E	22,37,40 I	38.351	96.22		38	63.928	6.25	0.77	0.77
188	E - E	36,33,2 D	38.94	59.568		38	40.527	7.5	0.92	0.88

RESUMEN CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES										
PI#	Tipo curva	Delta (g, m, s, ID)	TE (m)	Radio (m)	LC (m)	Le (m)	Entretangencia (m)	Peralte (%)	Δs (%)	
									Entrada	Salida
189	E - E	22,30,32 I	38.347	96.728		38	123.1	6.24	0.73	0.77
190	E - C - E	102,34,56 I	71.314	42	40.197	35	37.827	7.98	0.75	0.75
191	E - E	23,37,40 D	40.404	96.997		40	69.039	6.23	0.71	0.71
192	E - E	8,37,49 I	39.052	258.919		39	105.518	3.8	0.45	0.45
193	E - E	21,56,31 I	45.391	117.506		45	89.021	5.75	0.56	0.56
194	E - C - E	121,47,38 D	112.097	50	66.285	40	89.595	7.84	0.65	0.65
195	E - C - E	51,17,17 I	54.64	80	39.612	32	57.508	6.77	0.7	0.7
196	E - E	22,37,30 D	35.323	88.634		35	54.579	6.48	0.9	0.9
197	E - C - E	95,58,37 I	89.39	64	72.207	35	188.954	7.33	0.69	0.69
198	E - C - E	40,34,39 I	47.59	85	28.198	32	67.632	6.6	0.68	0.68
199	E - C - E	78,57,14 D	55.406	45	27.01	35	36.133	7.93	0.75	0.74
200	E - E	23,8,27 I	36.348	89.135		36	60.28	6.46	0.85	0.86
201	E - E	10,34,32 I	39.078	211.292		39	39.789	4.36	0.52	0.5
202	E - E	27,20,28 D	38.516	79.632		38	122.074	6.78	0.81	0.83
203	E - E	9,22,50 D	38.06	232.099		38	56.855	4.1	0.5	0.5
204	E - C - E	70,52,8 D	48.625	45	23.66	32	35.123	7.93	0.82	0.76
205	E - C - E	35,41,36 I	41.478	85	24.952	28	41.947	6.6	0.71	0.62
206	E - C - E	42,28,29 D	43.3	75	27.599	28	69.309	6.93	0.65	0.82
207	E - E	8,13,47 I	38.046	264.556		38	236.318	3.74	0.46	0.46
208	E - C - E	35,31,42 D	42.939	90	27.808	28	34.609	6.43	0.76	0.7
209	E - C - E	65,46,47 I	47.554	48	23.108	32	104.732	7.87	0.76	0.81
210	E - E	27,23,57 I	38.519	79.464		38	46.184	6.78	0.83	0.67
211	E - C - E	65,5,29 D	46.289	50	28.803	28	82.617	7.84	0.75	0.92
212	E - C - E	62,14,15 I	54.561	65	40.606	30	40.243	7.3	0.8	0.71
213	E - E	22,25,13 D	35.317	89.444		35	62.872	6.45	0.77	0.89
214	E - C - E	58,8,0 I	45.912	55	25.804	30	107.253	7.68	0.84	0.84
215	E - E	10,29,46 I	38.075	207.432		38	54.256	4.41	0.54	0.4
216	E - C - E	93,17,2 D	64.588	45	41.265	32	34.175	7.93	0.63	0.78
217	E - C - E	120,1,14 I	120.015	60	95.685	30	98.455	7.48	0.78	0.82
218	E - C - E	50,49,34 D	60.507	90	44.838	35	45.111	6.43	0.61	0.53
219	E - E	17,29,21 I	35.192	114.663		35	146.207	5.81	0.66	0.8
220	E - E	22,38,52 D	40.37	101.194		40	90.364	6.12	0.7	0.7
221	E - E	29,35,9 D	45.719	87.147		45	44.936	6.53	0.64	0.59
222	E - E	16,44,51 I	35.176	119.741		35	88.131	5.71	0.72	0.79
223	E - E	30,58,49 I	40.702	73.977		40	59.215	6.97	0.8	0.8
224	E - C - E	58,45,14 D	60.281	80	52.036	30	44.586	6.77	0.74	0.62
225	E - E	27,59,28 I	35.499	71.642		35	38.558	7.05	0.78	0.91

RESUMEN CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES										
PI#	Tipo curva	Delta (g, m, s, ID)	TE (m)	Radio (m)	LC (m)	Le (m)	Entretangencia (m)	Peralte (%)	Δs (%)	
									Entrada	Salida
226	E - E	24,12,36 D	35.371	82.832		35	89.884	6.67	0.86	0.92
227	E - C - E	50,39,46 I	48.366	70	31.896	30	48.591	7.12	0.78	0.78
228	E - C - E	44,39,34 D	45.99	75	28.459	30	35.703	6.93	0.76	0.7
229	E - C - E	73,16,21 I	74.822	80	72.308	30	40.66	6.77	0.68	0.63
230	E - C - E	52,24,50 D	49.695	70	34.036	30	38.358	7.12	0.67	0.74
231	E - E	10,18,19 I	39.074	216.835		39	54.062	4.29	0.47	0.38
232	E - C - E	66,0,9 D	51.124	55	33.358	30	42.354	7.68	0.64	0.7
233	E - C - E	65,7,34 I	53.684	60	38.2	30	77.322	7.48	0.68	0.82
234	E - E	25,30,2 D	35.412	78.64		35	58.121	6.81	0.94	0.94
235	E - E	22,14,3 I	35.312	90.193		35	52.08	6.43	0.89	0.89
236	E - E	26,36,40 D	38.489	81.817		38	35.147	6.71	0.83	0.81
237	E - C - E	43,17,1 I	48.885	85	34.212	30	57.749	6.6	0.71	0.73
238	E - E	28,3,26 D	37.53	75.558		37	37.261	6.91	0.88	0.88
239	E - E	34,42,28 I	37.822	61.08		37	45.276	7.44	0.94	0.84
240	E - E	29,28,43 D	40.634	77.746		40	109.399	6.84	0.7	0.78
241	E - C - E	48,11,0 D	45.49	70	30.867	28	47.478	7.12	0.84	0.68
242	E - E	33,6,9 I	40.805	69.234		40	46.575	7.15	0.66	0.68
243	E - C - E	71,39,13 D	50.166	48	30.028	30	36.069	7.87	0.73	0.79
244	E - C - E	62,18,48 I	51.621	60	35.254	30	107.103	7.48	0.75	0.82
245	E - E	16,7,19 I	35.163	124.386		35	103.036	5.61	0.78	0.78
246	E - E	29,14,14 I	40.624	78.388		40	80.781	6.82	0.78	0.78
247	E - C - E	101,44,52 D	101.102	65	75.429	40	97.736	7.3	0.6	0.6
248	E - E	10,1,43 I	40.072	228.529		40	62.354	4.15	0.47	0.47
249	E - C - E	83,39,58 I	56.4	43	28.791	34	41.135	7.96	0.77	0.68
250	E - C - E	83,33,51 D	109.13	105	123.139	30	41.826	6.03	0.58	0.55
251	E - C - E	45,7,36 I	48.418	80	33.009	30	35.73	6.77	0.62	0.69
252	E - C - E	85,43,6 D	58.565	45	35.323	32	66.311	7.93	0.76	0.82
253	E - C - E	61,17,28 I	50.887	60	34.184	30	92.186	7.48	0.82	0.82
254	E - E	27,58,44 D	40.57	81.913		40	159.602	6.7	0.77	0.77
255	E - C - E	113,37,11 I	108.963	59	81.999	35	34.188	7.52	0.71	0.69
256	E - C - E	85,32,30 D	107.842	100	119.298	30	134.398	6.15	0.66	0.68
257	E - C - E	31,10,27 D	48.555	120	35.291	30	113.41	5.7	0.63	0.63
258	E - E	28,41,40 I	50.75	99.837		50	189.635	6.15	0.52	0.52
259	E - C - E	42,42,51 D	48.395	85	33.368	30	49.955	6.6	0.73	0.73
260	E - E	27,0,49 I	35.464	74.235		35	170.754	6.96	0.96	0.96
261	E - C - E	32,30,38 D	52.6	120	33.09	35	92.21	5.7	0.54	0.54
262	E - C - E	36,5,39 I	60.698	140	58.195	30	69.551	5.33	0.59	0.59

RESUMEN CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES										
PI#	Tipo curva	Delta (g, m, s, ID)	TE (m)	Radio (m)	LC (m)	Le (m)	Entretangencia (m)	Peralte (%)	Δs (%)	
									Entrada	Salida
263	E - C - E	42,32,12 D	50.18	90	36.816	30	43.348	6.43	0.71	0.58
264	E - C - E	51,46,40 I	49.21	70	33.258	30	102.253	7.12	0.64	0.78
265	E - C - E	60,49,25 I	53.465	65	39.002	30	131.549	7.3	0.8	0.8
266	E - C - E	39,33,9 D	60.821	113	38.006	40	89.524	5.84	0.48	0.48
267	E - E	7,15,24 D	40.037	315.83		40	124.514	3.28	0.38	0.38
268	E - C - E	55,38,14 D	55.85	75	40.829	32	200.148	6.93	0.71	0.71
269	E - E	10,53,52 I	35.074	184.015		35	151.175	4.71	0.65	0.65
270	E - C - E	80,40,41 I	104.529	102	108.626	35	218.388	6.1	0.58	0.58
271	E - C - E	99,11,20 D	72.255	48	53.096	30	46.492	7.87	0.87	0.87
272	E - C - E	42,26,22 I	43.273	75	27.553	28	85.573	6.93	0.82	0.82
273	E - C - E	58,35,58 I	51.772	65	36.479	30	52.071	7.3	0.8	0.8
274	E - C - E	36,8,39 D	55.264	120	43.7	32	62.918	5.7	0.59	0.59
275	E - E	8,14,13 D	38.046	264.322		38	59.829	3.75	0.46	0.46
276	E - E	4,4,58 D	28.008	392.947		28	130.005	2.76	0.54	0.54
277	E - E	4,14,55 I	34.011	458.503		34	72.631	2.42	0.35	0.35
278	E - C - E	41,38,57 D	45.589	80	28.153	30	32.678	6.77	0.74	0.71
279	E - C - E	48,26,22 I	48.942	75	33.407	30	171.731	6.93	0.73	0.76
280	E - E	29,22,51 D	40.63	78.005		40	186.408	6.83	0.78	0.78
281	E - E	9,19,3 I	39.06	239.821		39	141.16	4.01	0.48	0.48
282	E - C - E	54,4,13 D	58.621	80	40.496	35	64.843	6.77	0.64	0.64
283	E - C - E	78,38,9 I	107.811	113	125.087	30	190.86	5.84	0.64	0.64
284	E - C - E	58,20,59 D	62.492	80	46.472	35	91.139	6.77	0.64	0.64
285	E - C - E	60,26,25 I	44.62	52	26.854	28	87.912	7.8	0.92	0.92
286	E - C - E	64,19,21 D	46.865	50	26.132	30	59.294	7.84	0.86	0.86
287	E - C - E	41,12,19 D	50.849	95	38.321	30	43.798	6.29	0.69	0.53
288	E - E	2,19,12 I	22.002	543.308		22	76.378	2.09	0.35	0.64
289	E - E	7,47,42 D	38.041	279.314		38	112.389	3.6	0.44	0.44
290	E - E	9,48,47 I	40.069	233.547		40	77.553	4.09	0.47	0.47
291	E - C - E	42,48,57 I	50.434	90	37.255	30	111.969	6.43	0.71	0.71
292	E - E	2,14,35 D	22.002	561.971		22	144.009	2.03	0.62	0.62
293	E - E	24,6,6 I	38.399	90.336		38	40.911	6.42	0.79	0.73
294	E - E	21,23,16 D	35.288	93.761		35	39.65	6.32	0.8	0.77
295	E - C - E	47,42,5 I	51.583	80	34.604	32	46.724	6.77	0.93	0.81
296	E - E	19,49,6 D	35.247	101.187		35	93.82	6.12	0.66	0.85
297	E - E	21,1,31 D	35.279	95.378		35	198.416	6.27	0.87	0.87
298	E - C - E	46,50,21 I	39.171	60	23.05	26	127.23	7.48	0.95	0.95
299	E - C - E	35,39,35 I	59.429	130	45.909	35	74.438	5.51	0.52	0.52

RESUMEN CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES										
PI#	Tipo curva	Delta (g, m, s, ID)	TE (m)	Radio (m)	LC (m)	Le (m)	Entretangencia (m)	Peralte (%)	Δs (%)	
									Entrada	Salida
300	E - E	29,41,20 D	38.611	73.335		38	66.394	6.99	0.86	0.86
301	E - E	16,44,38 D	35.176	119.766		35	140.541	5.7	0.79	0.79
302	E - E	25,18,20 I	50.58	113.207		50	83.052	5.84	0.5	0.5
303	E - E	29,31,2 D	40.636	77.644		40	133.88	6.85	0.78	0.78
304	E - E	10,56,47 I	35.075	183.2		35	56.708	4.73	0.66	0.66
305	E - E	29,42,14 D	38.612	73.298		38	39.059	6.99	0.86	0.82
306	E - E	26,46,38 I	35.456	74.89		35	122.935	6.94	0.91	0.96
307	E - E	17,47,16 I	40.227	128.843		40	202.633	5.53	0.63	0.63
308	E - C - E	54,27,12 I	46.161	60	27.024	30	53.285	7.48	0.82	0.82
309	E - C - E	73,28,14 D	55.46	55	42.527	28	34.242	7.68	0.91	0.86
310	E - E	30,7,56 I	35.581	66.552		35	38.282	7.25	0.95	0.94
311	E - E	23,41,9 D	35.355	84.664		35	69.912	6.61	0.85	0.91
312	E - E	17,26,8 D	35.191	115.016		35	132.456	5.8	0.8	0.8
313	E - C - E	62,40,12 I	51.879	60	35.628	30	38.309	7.48	0.82	0.72
314	E - C - E	46,14,35 D	45.094	70	26.496	30	78.739	7.12	0.69	0.78
315	E - C - E	89,18,55 D	60.094	42	30.471	35	76.989	7.98	0.75	0.75
316	E - E	3,53,6 I	30.008	442.433		30	31.876	2.5	0.44	0.44
K45+030										

Fuente Elaboración propia con base en el en el Volumen Diseño Geométrico. Consorcio Desarrollo Pacífico.

8.3.6.8 Longitud mínima de la tangente vertical

Esta norma controla la proyección vertical de PIV a PIV de curvas verticales consecutivas, teniendo como valor a aplicar la indicada en la Tabla 25 tomada del manual de diseño geométrico.

Tabla 25 Longitud mínima de la tangente vertical

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

Fuente. Manual Diseño Geométrico INV-2008

8.3.6.9 Longitud mínima de las curvas verticales

Los alineamientos entre PIV(s) y las curvas verticales se ajustaron a la topografía del terreno, realizando un diseño con un adecuado movimiento de tierras.

Las longitudes de las curvas verticales se adoptaron siguiendo los tres criterios que sugiere el manual de diseño geométrico de carreteras 2008 del INVÍAS, se aplican a curvas verticales simétricas y asimétricas, como se muestra a continuación:

Tabla 26 Longitud mínima de curva vertical.

Valores de K_{min} para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{cv} (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m)	VALORES DE K_{min}				LONGITUD MÍNIMA SEGÚN CRITERIO DE OPERACIÓN (m)
		CURVA CONVEXA		CURVA CÓNCAVA		
		CALCULADO	REDONDEADO	CALCULADO	REDONDEADO	
20	20	0.6	1.0	2.1	3.0	20 ⁽¹⁾
30	35	1.9	2.0	5.1	6.0	20 ⁽¹⁾
40	50	3.8	4.0	8.5	9.0	24
50	65	6.4	7.0	12.2	13.0	30
60	85	11.0	11.0	17.3	18.0	36
70	105	16.8	17.0	22.6	23.0	42
80	130	25.7	26.0	29.4	30.0	48
90	160	38.9	39.0	37.6	38.0	54
100	185	52.0	52.0	44.6	45.0	60
110	220	73.6	74.0	54.4	55.0	66
120	250	95.0	95.0	62.8	63.0	72
130	285	123.4	124.0	72.7	73.0	78

⁽¹⁾ La adopción de este valor tiene como finalidad garantizar unas mínimas condiciones de estética a las carreteras, y por consiguiente de comodidad para los usuarios.

Fuente. Manual Diseño Geométrico INV-2008

Longitud de curva convexa vertical

✓ Según criterio de seguridad:

Se obtiene utilizando la distancia de visibilidad de parada D_p .

$$L_{min} = \frac{A * DP^2}{658} \quad (10)$$

El control de distancia de visibilidad de parada mediante el parámetro K

$$L_{min} = K_{min} * A \quad (11)$$

✓ **Según criterio de operación:**

Aplicar este criterio evita el cambio súbito de pendiente y permite que el perfil de la vía en la curva vertical tenga adecuada estética y apariencia para cumplir con este criterio; el Lmin de curva vertical esta dado en función de la velocidad específica.

$$K_{max} = \frac{30}{0.6} \rightarrow L_{max} = 50m \quad (12)$$

Longitud de curva cóncava vertical

✓ **Según criterio de seguridad:**

El análisis de visibilidad considera las restricciones que se presentan en la noche y estima la longitud del sector de carretera iluminado hacia adelante, como la distancia de visibilidad.

$$L_{min} = K_{min} * A \quad (13)$$

✓ **Según criterio de operación:**

Se aplica el mismo criterio de las curvas convexas.

$$L_{min} = 0.6 * V_{CV} \quad (14)$$

✓ **Según criterio de drenaje:**

Es necesario controlar la longitud máxima de la curva vertical cóncava para evitar el empozamiento de las aguas superficiales de la batea o punto más bajo de la curva. De acuerdo con este criterio se debe diseñar la curva vertical cóncava con un valor de K menor o igual a 50.

Algunas de las distancias, velocidades y datos obtenidos mediante tablas y ecuaciones, se presentaron en el proyecto como anexos, por lo que no se encuentran en el presente documento, además se considera que la guía de diseño es muy clara para poder obtener dichos valores.

Tabla 27 Resumen Cuadro De Elementos De Curvas Horizontales Tramo 1 Popayán - Fondas

RESUMEN CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES												
PIV	Longitud (m)		Pendiente (%)		A	Tipo de	Abscisa, Cota (m)			Externa	K	
#	Entrada	Salida	Entrada	Salida	%	Curva	PCV	PIV	PTV	m	Entrada	Salida
8	28	28	6.856	8.059	1.203	Cóncava	835.455,1714.359	863.455,1716.278	891.455,1718.535	0.084	46.556	46.556
9	35	35	8.059	3.686	-4.373	Convexa	1007.926,1727.921	1042.926,1730.742	1077.926,1732.032	-0.383	16.008	16.008
10	55	55	3.686	1.163	-2.523	Convexa	1163.412,1735.183	1218.412,1737.210	1273.412,1737.849	-0.347	43.595	43.595
11	23	23	1.163	2.246	1.083	Cóncava	1354.746,1738.795	1377.746,1739.063	1400.746,1739.579	0.062	42.463	42.463
12	38	38	2.246	-7.877	-10.123	Convexa	1427.791,1740.187	1465.791,1741.040	1503.791,1738.047	-0.962	7.507	7.507
13	52	52	-7.877	1.007	8.884	Cóncava	1539.102,1735.265	1591.102,1731.169	1643.102,1731.692	1.155	11.707	11.707
14	35	35	1.007	4.62	3.614	Cóncava	1888.619,1734.164	1923.619,1734.516	1958.619,1736.133	0.316	19.371	19.371
15	30	30	4.62	1.759	-2.862	Convexa	1976.784,1736.972	2006.784,1738.358	2036.784,1738.886	-0.215	20.968	20.968
16	35	35	1.759	5.011	3.253	Cóncava	2243.266,1742.517	2278.266,1743.133	2313.266,1744.887	0.285	21.52	21.52
17	65	65	5.011	2.182	-2.83	Convexa	2325.920,1745.521	2390.920,1748.778	2455.920,1750.196	-0.46	45.94	45.94
18	35	35	2.182	7.455	5.273	Cóncava	2511.617,1751.412	2546.617,1752.175	2581.617,1754.784	0.461	13.275	13.275
19	57	57	7.455	-3.069	-10.524	Convexa	2590.797,1755.469	2647.797,1759.718	2704.797,1757.969	-1.5	10.833	10.833
20	30	30	-3.069	-1.475	1.594	Cóncava	2749.502,1756.597	2779.502,1755.676	2809.502,1755.234	0.12	37.638	37.638
21	30	30	-1.475	-3.863	-2.388	Convexa	2925.690,1753.520	2955.690,1753.078	2985.690,1751.919	-0.179	25.12	25.12
22	30	30	-3.863	-1.814	2.049	Cóncava	3015.466,1750.768	3045.466,1749.609	3075.466,1749.065	0.154	29.278	29.278
23	35	35	-1.814	-3.975	-2.161	Convexa	3127.311,1748.125	3162.311,1747.490	3197.311,1746.098	-0.189	32.386	32.386
24	24	24	-3.975	-0.508	3.467	Cóncava	3242.031,1744.321	3266.031,1743.367	3290.031,1743.245	0.208	13.843	13.843
25	45	45	-0.508	1.582	2.09	Cóncava	3359.906,1742.890	3404.906,1742.661	3449.906,1743.373	0.235	43.069	43.069
26	21	21	1.582	2.448	0.866	Cóncava	3533.141,1744.689	3554.141,1745.021	3575.141,1745.535	0.045	48.488	48.488
27	30	30	2.448	-4.498	-6.946	Convexa	3697.868,1748.540	3727.868,1749.274	3757.868,1747.925	-0.521	8.638	8.638
28	26	26	-4.498	-0.815	3.683	Cóncava	3820.991,1745.085	3846.991,1743.916	3872.991,1743.704	0.239	14.119	14.119
29	50	50	-0.815	-7.61	-6.795	Convexa	3965.568,1742.950	4015.568,1742.542	4065.568,1738.737	-0.849	14.716	14.716
30	40	40	-7.61	-5.252	2.359	Cóncava	4102.855,1735.899	4142.855,1732.855	4182.855,1730.755	0.236	33.918	33.918
31	38	38	-5.252	-8.306	-3.054	Convexa	4324.671,1723.307	4362.671,1721.311	4400.671,1718.155	-0.29	24.882	24.882
32	30	30	-8.306	-6.865	1.441	Cóncava	4429.175,1715.787	4459.175,1713.295	4489.175,1711.236	0.108	41.64	41.64
33	21	21	-6.865	-6.007	0.858	Cóncava	4555.005,1706.716	4576.005,1705.275	4597.005,1704.013	0.045	48.934	48.934
34	58	58	-6.007	6.474	12.481	Cóncava	4632.105,1701.905	4690.105,1698.421	4748.105,1702.176	1.81	9.294	9.294
35	41	41	6.474	10.743	4.269	Cóncava	4804.482,1705.826	4845.482,1708.480	4886.482,1712.885	0.438	19.21	19.21
36	70	70	10.743	3.428	-7.315	Convexa	5061.324,1731.667	5131.324,1739.187	5201.324,1741.587	-1.28	19.138	19.138
37	12	12	3.428	2.938	-0.49	Convexa	5253.777,1743.384	5265.777,1743.796	5277.777,1744.148	-0.015	49.001	49.001
38	30	30	2.938	5.815	2.877	Cóncava	5372.519,1746.932	5402.519,1747.813	5432.519,1749.557	0.216	20.855	20.855
39	30	30	5.815	8.539	2.724	Cóncava	5527.657,1755.089	5557.657,1756.834	5587.657,1759.395	0.204	22.026	22.026
40	48	48	8.539	-1.682	-10.221	Convexa	5603.522,1760.750	5651.522,1764.849	5699.522,1764.042	-1.226	9.393	9.393
41	48	48	-1.682	-7.003	-5.321	Convexa	5772.500,1762.814	5820.500,1762.007	5868.500,1758.646	-0.639	18.041	18.041
42	25	25	-7.003	-2.807	4.196	Cóncava	5939.807,1753.652	5964.807,1751.902	5989.807,1751.200	0.262	11.917	11.917
43	30	30	-2.807	-0.765	2.042	Cóncava	6076.319,1748.771	6106.319,1747.929	6136.319,1747.699	0.153	29.381	29.381
44	28	28	-0.765	0.51	1.275	Cóncava	6224.770,1747.023	6252.770,1746.809	6280.770,1746.951	0.089	43.917	43.917
45	54	54	0.51	-6.784	-7.294	Convexa	6383.925,1747.478	6437.925,1747.753	6491.925,1744.090	-0.985	14.807	14.807
46	20	20	-6.784	-7.635	-0.851	Convexa	6511.037,1742.793	6531.037,1741.437	6551.037,1739.910	-0.043	47.025	47.025
47	30	30	-7.635	-1.788	5.846	Cóncava	6581.932,1737.551	6611.932,1735.261	6641.932,1734.724	0.438	10.263	10.263
48	25	25	-1.788	-0.515	1.273	Cóncava	6670.046,1734.221	6695.046,1733.774	6720.046,1733.645	0.08	39.266	39.266
49	35	35	-0.515	1.938	2.453	Cóncava	6755.538,1733.463	6790.538,1733.283	6825.538,1733.961	0.215	28.534	28.534
50	40	40	1.938	-1.115	-3.053	Convexa	6869.460,1734.812	6909.460,1735.588	6949.460,1735.142	-0.305	26.201	26.201
51	30	30	-1.115	1.732	2.847	Cóncava	6984.884,1734.747	7014.884,1734.412	7044.884,1734.932	0.214	21.077	21.077

RESUMEN CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES												
PIV #	Longitud (m)		Pendiente (%)		A %	Tipo de Curva	Abscisa, Cota (m)			Externa m	K	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida			PCV	PIV	PTV		Entrada	Salida
52	37	37	1.732	-2.369	-4.1	Convexa	7058.769,1735.172	7095.769,1735.813	7132.769,1734.936	-0.379	18.047	18.047
53	42	42	-2.369	-0.512	1.856	Cóncava	7166.689,1734.133	7208.689,1733.138	7250.689,1732.923	0.195	45.254	45.254
54	40	40	-0.512	1.88	2.393	Cóncava	7310.883,1732.614	7350.883,1732.409	7390.883,1733.161	0.239	33.437	33.437
55	18	18	1.88	0.994	-0.886	Convexa	7450.670,1734.285	7468.670,1734.624	7486.670,1734.803	-0.04	40.611	40.611
56	23	23	0.994	-7.181	-8.175	Convexa	7526.818,1735.202	7549.818,1735.430	7572.818,1733.779	-0.47	5.627	5.627
57	15	15	-7.181	-7.818	-0.637	Convexa	7646.705,1728.473	7661.705,1727.396	7676.705,1726.223	-0.024	47.128	47.128
58	35	35	-7.818	-9.585	-1.767	Convexa	7738.650,1721.380	7773.650,1718.644	7808.650,1715.289	-0.155	39.611	39.611
59	35	35	-9.585	-11.127	-1.542	Convexa	7870.395,1709.371	7905.395,1706.017	7940.395,1702.122	-0.135	45.384	45.384
60	32	32	-11.127	-5.324	5.803	Cóncava	7976.518,1698.103	8008.518,1694.542	8040.518,1692.838	0.464	11.029	11.029
61	30	30	-5.324	-9.967	-4.643	Convexa	8063.611,1691.609	8093.611,1690.011	8123.611,1687.021	-0.348	12.924	12.924
62	30	30	-9.967	-8.463	1.503	Cóncava	8147.572,1684.633	8177.572,1681.643	8207.572,1679.104	0.113	39.911	39.911
63	45	45	-8.463	-2.967	5.496	Cóncava	8264.420,1674.293	8309.420,1670.484	8354.420,1669.149	0.618	16.375	16.375
64	28	28	-2.967	-1.825	1.143	Cóncava	8384.710,1668.250	8412.710,1667.419	8440.710,1666.908	0.08	49.003	49.003
65	24	24	-1.825	-6.55	-4.725	Convexa	8478.533,1666.218	8502.533,1665.780	8526.533,1664.208	-0.284	10.158	10.158
66	78	78	-6.55	0.509	7.059	Cóncava	8573.479,1661.133	8651.479,1656.024	8729.479,1656.421	1.376	22.101	22.101
67	12	12	0.509	1.017	0.509	Cóncava	8763.307,1656.593	8775.307,1656.654	8787.307,1656.776	0.015	47.187	47.187
68	31	31	1.017	-2.041	-3.058	Convexa	8827.078,1657.181	8858.078,1657.496	8889.078,1656.863	-0.237	20.274	20.274
69	15	15	-2.041	-1.418	0.623	Cóncava	8969.991,1655.212	8984.991,1654.906	8999.991,1654.693	0.023	48.174	48.174
70	36	36	-1.418	-6.799	-5.381	Convexa	9045.680,1654.045	9081.680,1653.534	9117.680,1651.087	-0.484	13.381	13.381
71	21	21	-6.799	-7.767	-0.968	Convexa	9197.681,1645.647	9218.681,1644.220	9239.681,1642.588	-0.051	43.384	43.384
72	28	28	-7.767	-6.563	1.204	Cóncava	9273.376,1639.971	9301.376,1637.796	9329.376,1635.959	0.084	46.503	46.503
73	40	40	-6.563	-0.909	5.654	Cóncava	9350.579,1634.567	9390.579,1631.942	9430.579,1631.578	0.565	14.15	14.15
74	30	30	-0.909	1.788	2.698	Cóncava	9571.120,1630.300	9601.120,1630.027	9631.120,1630.564	0.202	22.242	22.242
75	19	19	1.788	2.588	0.799	Cóncava	9694.756,1631.702	9713.756,1632.041	9732.756,1632.533	0.038	47.537	47.537
76	45	45	2.588	-1.623	-4.21	Convexa	9775.390,1633.636	9820.390,1634.801	9865.390,1634.070	-0.474	21.375	21.375
77	30	30	-1.623	1.03	2.652	Cóncava	9885.619,1633.742	9915.619,1633.255	9945.619,1633.564	0.199	22.62	22.62
78	30	30	1.03	5.937	4.908	Cóncava	9967.266,1633.787	9997.266,1634.096	10027.266,1635.877	0.368	12.225	12.225
79	49	49	5.937	-9.98	-15.918	Convexa	10042.619,1636.788	10091.619,1639.698	10140.619,1634.808	-1.95	6.157	6.157
80	29	29	-9.98	-6.273	3.707	Cóncava	10193.476,1629.532	10222.476,1626.638	10251.476,1624.819	0.269	15.646	15.646
81	35	35	-6.273	-9.314	-3.041	Convexa	10271.903,1623.538	10306.903,1621.342	10341.903,1618.082	-0.266	23.021	23.021
82	30	30	-9.314	-6.293	3.021	Cóncava	10378.076,1614.713	10408.076,1611.919	10438.076,1610.031	0.227	19.862	19.862
83	30	30	-6.293	-9.643	-3.35	Convexa	10467.236,1608.196	10497.236,1606.308	10527.236,1603.415	-0.251	17.912	17.912
84	32	32	-9.643	-6.093	3.55	Cóncava	10580.750,1598.255	10612.750,1595.170	10644.750,1593.220	0.284	18.029	18.029
85	30	30	-6.093	-7.403	-1.31	Convexa	10666.416,1591.900	10696.416,1590.072	10726.416,1587.851	-0.098	45.791	45.791
86	37	37	-7.403	0.698	8.102	Cóncava	10788.712,1583.239	10825.712,1580.500	10862.712,1580.758	0.749	9.134	9.134
87	22	22	0.698	1.698	1	Cóncava	10886.266,1580.923	10908.266,1581.076	10930.266,1581.450	0.055	44.02	44.02
88	28	28	1.698	0.545	-1.153	Convexa	10967.499,1582.082	10995.499,1582.557	11023.499,1582.710	-0.081	48.575	48.575
89	30	30	0.545	-5.139	-5.684	Convexa	11056.981,1582.892	11086.981,1583.056	11116.981,1581.514	-0.426	10.555	10.555
90	35	35	-5.139	-7.268	-2.129	Convexa	11157.505,1579.432	11192.505,1577.633	11227.505,1575.089	-0.186	32.88	32.88
91	41	41	-7.268	-1.148	6.121	Cóncava	11235.284,1574.523	11276.284,1571.544	11317.284,1571.073	0.627	13.397	13.397
92	58	58	-1.148	5.317	6.465	Cóncava	11373.213,1570.431	11431.213,1569.766	11489.213,1572.849	0.937	17.944	17.944
93	25	25	5.317	-2.649	-7.966	Convexa	11539.375,1575.516	11564.375,1576.846	11589.375,1576.183	-0.498	6.277	6.277
94	20	20	-2.649	-1.827	0.822	Cóncava	11629.936,1575.109	11649.936,1574.579	11669.936,1574.214	0.041	48.639	48.639
95	35	35	-1.827	-4.048	-2.221	Convexa	11703.503,1573.600	11738.503,1572.961	11773.503,1571.544	-0.194	31.515	31.515

RESUMEN CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES												
PIV #	Longitud (m)		Pendiente (%)		A %	Tipo de Curva	Abscisa, Cota (m)			Externa m	K	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida			PCV	PIV	PTV		Entrada	Salida
96	35	35	-4.048	3.462	7.51	Cóncava	11850.352,1568.433	11885.352,1567.016	11920.352,1568.228	0.657	9.321	9.321
97	28	28	3.462	-2.639	-6.101	Convexa	11951.269,1569.299	11979.269,1570.268	12007.269,1569.529	-0.427	9.179	9.179
98	25	25	-2.639	0	2.639	Cóncava	12036.485,1568.758	12061.485,1568.099	12086.485,1568.099	0.165	18.949	18.949
99	45	45	0	8.669	8.669	Cóncava	12190.347,1568.099	12235.347,1568.099	12280.347,1572.000	0.975	10.382	10.382
100	25	25	8.669	9.918	1.249	Cóncava	12389.254,1581.441	12414.254,1583.608	12439.254,1586.087	0.078	40.017	40.017
101	60	60	9.918	6.606	-3.312	Convexa	12664.373,1608.415	12724.373,1614.366	12784.373,1618.330	-0.497	36.232	36.232
102	71	71	6.606	3.428	-3.179	Convexa	12911.783,1626.747	12982.783,1631.437	13053.783,1633.871	-0.564	44.672	44.672
103	40	40	3.428	9.733	6.306	Cóncava	13127.773,1636.407	13167.773,1637.778	13207.773,1641.671	0.631	12.687	12.687
104	45	45	9.733	-3.193	-12.926	Convexa	13232.272,1644.056	13277.272,1648.436	13322.272,1646.999	-1.454	6.963	6.963
105	40	40	-3.193	1.377	4.57	Cóncava	13404.044,1644.388	13444.044,1643.111	13484.044,1643.662	0.457	17.507	17.507
106	75	75	1.377	9.992	8.615	Cóncava	13527.301,1644.258	13602.301,1645.290	13677.301,1652.784	1.615	17.411	17.411
107	62	62	9.992	-1.955	-11.947	Convexa	13750.177,1660.066	13812.177,1666.261	13874.177,1665.049	-1.852	10.379	10.379
108	30	30	-1.955	-3.338	-1.383	Convexa	13953.654,1663.495	13983.654,1662.909	14013.654,1661.907	-0.104	43.379	43.379
109	42	42	-3.338	-8.13	-4.791	Convexa	14075.973,1659.826	14117.973,1658.424	14159.973,1655.010	-0.503	17.532	17.532
110	34	34	-8.13	-9.872	-1.743	Convexa	14240.054,1648.500	14274.054,1645.736	14308.054,1642.379	-0.148	39.018	39.018
111	90	90	-9.872	9.79	19.663	Cóncava	14366.786,1636.581	14456.786,1627.696	14546.786,1636.507	4.424	9.154	9.154
112	25	25	9.79	7.2	-2.59	Convexa	14583.442,1640.096	14608.442,1642.543	14633.442,1644.343	-0.162	19.305	19.305
113	18	18	7.2	8.037	0.837	Cóncava	14681.737,1647.821	14699.737,1649.117	14717.737,1650.563	0.038	43.002	43.002
114	58	58	8.037	-3.358	-11.395	Convexa	14812.189,1658.155	14870.189,1662.817	14928.189,1660.869	-1.652	10.18	10.18
115	26	26	-3.358	-5.433	-2.075	Convexa	14977.624,1659.209	15003.624,1658.336	15029.624,1656.924	-0.135	25.062	25.062
116	25	25	-5.433	-1.723	3.71	Cóncava	15066.075,1654.943	15091.075,1653.585	15116.075,1653.155	0.232	13.477	13.477
117	47	47	-1.723	4.691	6.413	Cóncava	15212.590,1651.492	15259.590,1650.683	15306.590,1652.887	0.754	14.657	14.657
118	22	22	4.691	3.773	-0.917	Convexa	15319.307,1653.484	15341.307,1654.516	15363.307,1655.346	-0.05	47.966	47.966
119	30	30	3.773	5.158	1.384	Cóncava	15402.507,1656.825	15432.507,1657.957	15462.507,1659.504	0.104	43.346	43.346
120	33	33	5.158	-2.628	-7.785	Convexa	15545.248,1663.772	15578.248,1665.474	15611.248,1664.606	-0.642	8.478	8.478
121	36	36	-2.628	4.37	6.997	Cóncava	15651.375,1663.552	15687.375,1662.606	15723.375,1664.179	0.63	10.29	10.29
122	59	59	4.37	-7.39	-11.76	Convexa	15740.125,1664.911	15799.125,1667.489	15858.125,1663.129	-1.735	10.034	10.034
123	33	33	-7.39	-0.515	6.876	Cóncava	15928.277,1657.944	15961.277,1655.505	15994.277,1655.336	0.567	9.599	9.599
124	57	57	-0.515	-6.266	-5.751	Convexa	16027.516,1655.164	16084.516,1654.871	16141.516,1651.300	-0.82	19.822	19.822
125	32	32	-6.266	0.578	6.844	Cóncava	16183.098,1648.694	16215.098,1646.689	16247.098,1646.874	0.548	9.352	9.352
126	45	45	0.578	6.842	6.264	Cóncava	16393.635,1647.721	16438.635,1647.981	16483.635,1651.060	0.705	14.367	14.367
127	28	28	6.842	8.011	1.169	Cóncava	16511.619,1652.975	16539.619,1654.891	16567.619,1657.134	0.082	47.91	47.91
128	35	35	8.011	4.718	-3.293	Convexa	16589.462,1658.884	16624.462,1661.688	16659.462,1663.339	-0.288	21.259	21.259
129	35	35	4.718	0.505	-4.213	Convexa	16799.077,1669.927	16834.077,1671.579	16869.077,1671.755	-0.369	16.615	16.615
130	22	22	0.505	4.468	3.962	Cóncava	16897.409,1671.899	16919.409,1672.010	16941.409,1672.993	0.218	11.105	11.105
131	40	40	4.468	-6.851	-11.318	Convexa	16961.208,1673.877	17001.208,1675.664	17041.208,1672.924	-1.132	7.068	7.068
132	40	40	-6.851	-3.985	2.865	Cóncava	17111.175,1668.131	17151.175,1665.391	17191.175,1663.796	0.287	27.921	27.921
133	45	45	-3.985	-7.752	-3.767	Convexa	17218.068,1662.725	17263.068,1660.931	17308.068,1657.443	-0.424	23.892	23.892
134	38	38	-7.752	0	7.752	Cóncava	17340.235,1654.949	17378.235,1652.003	17416.235,1652.003	0.736	9.803	9.803
135	40	40	0	6.623	6.623	Cóncava	17451.121,1652.003	17491.121,1652.003	17531.121,1654.652	0.662	12.08	12.08
136	30	30	6.623	4.924	-1.699	Convexa	17639.873,1661.855	17669.873,1663.841	17699.873,1665.319	-0.127	35.319	35.319
137	55	55	4.924	8.501	3.577	Cóncava	17781.903,1669.358	17836.903,1672.066	17891.903,1676.741	0.492	30.753	30.753
138	62	62	8.501	2.441	-6.059	Convexa	17945.521,1681.299	18007.521,1686.570	18069.521,1688.084	-0.939	20.464	20.464
139	30	30	2.441	3.778	1.336	Cóncava	18161.456,1690.328	18191.456,1691.061	18221.456,1692.194	0.1	44.907	44.907
140	60	60	3.778	0.618	-3.159	Convexa	18334.353,1696.459	18394.353,1698.725	18454.353,1699.096	-0.474	37.982	37.982

RESUMEN CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES												
PIV #	Longitud (m)		Pendiente (%)		A %	Tipo de Curva	Abscisa, Cota (m)			Externa m	K	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida			PCV	PIV	PTV		Entrada	Salida
141	45	45	0.618	-7.552	-8.17	Convexa	18486.706,1699.296	18531.706,1699.574	18576.706,1696.176	-0.919	11.016	11.016
142	18	18	-7.552	-8.314	-0.762	Convexa	18658.468,1690.001	18676.468,1688.642	18694.468,1687.145	-0.034	47.236	47.236
143	45	45	-8.314	-4.224	4.09	Cóncava	18830.751,1675.814	18875.751,1672.073	18920.751,1670.172	0.46	22.005	22.005
144	25	25	-4.224	-7.778	-3.554	Convexa	18970.970,1668.050	18995.970,1666.994	19020.970,1665.049	-0.222	14.07	14.07
145	35	30	-7.778	0	7.778	Cóncava	19044.462,1663.222	19079.462,1660.500	19109.462,1660.500	0.628	9.75	7.163
146	27	27	0	5.719	5.719	Cóncava	19124.030,1660.500	19151.030,1660.500	19178.030,1662.044	0.386	9.442	9.442
147	24	24	5.719	4.106	-1.613	Convexa	19208.952,1663.813	19232.952,1665.185	19256.952,1666.171	-0.097	29.757	29.757
148	31	31	4.106	6.672	2.566	Cóncava	19284.491,1667.301	19315.491,1668.574	19346.491,1670.643	0.199	24.158	24.158
149	35	35	6.672	9.275	2.602	Cóncava	19428.035,1676.083	19463.035,1678.419	19498.035,1681.665	0.228	26.899	26.899
150	35	35	9.275	5.662	-3.612	Convexa	19510.696,1682.839	19545.696,1686.085	19580.696,1688.067	-0.316	19.378	19.378
151	35	35	5.662	9.954	4.292	Cóncava	19608.491,1689.641	19643.491,1691.623	19678.491,1695.107	0.376	16.309	16.309
152	35	35	9.954	5.765	-4.189	Convexa	19795.503,1706.754	19830.503,1710.238	19865.503,1712.256	-0.367	16.709	16.709
153	30	30	5.765	-1.869	-7.634	Convexa	19891.526,1713.756	19921.526,1715.486	19951.526,1714.925	-0.573	7.86	7.86
154	58	58	-1.869	2.997	4.866	Cóncava	20067.675,1712.754	20125.675,1711.670	20183.675,1713.408	0.706	23.838	23.838
155	30	30	2.997	4.793	1.796	Cóncava	20206.310,1714.087	20236.310,1714.986	20266.310,1716.424	0.135	33.401	33.401
156	45	45	4.793	-3.229	-8.023	Convexa	20278.621,1717.014	20323.621,1719.171	20368.621,1717.718	-0.903	11.218	11.218
157	25	25	-3.229	1.622	4.852	Cóncava	20424.257,1715.921	20449.257,1715.114	20474.257,1715.520	0.303	10.306	10.306
158	35	35	1.622	4.261	2.638	Cóncava	20569.733,1717.068	20604.733,1717.636	20639.733,1719.127	0.231	26.533	26.533
159	23	23	4.261	-4.674	-8.935	Convexa	20668.221,1720.341	20691.221,1721.321	20714.221,1720.246	-0.514	5.149	5.149
160	30	30	-4.674	1.578	6.252	Cóncava	20741.425,1718.974	20771.425,1717.572	20801.425,1718.046	0.469	9.596	9.596
161	58	58	1.578	-9.479	-11.057	Convexa	20972.265,1720.742	21030.265,1721.658	21088.265,1716.160	-1.603	10.491	10.491
162	12	12	-9.479	-9.971	-0.492	Convexa	21193.547,1706.180	21205.547,1705.043	21217.547,1703.846	-0.015	48.769	48.769
163	54	54	-9.971	0.507	10.478	Cóncava	21441.626,1681.504	21495.626,1676.119	21549.626,1676.393	1.415	10.307	10.307
164	50	50	0.507	5.721	5.214	Cóncava	21654.039,1676.922	21704.039,1677.176	21754.039,1680.036	0.652	19.18	19.18
165	30	30	5.721	7.381	1.66	Cóncava	21764.827,1680.653	21794.827,1682.370	21824.827,1684.584	0.125	36.138	36.138
166	30	30	7.381	4.589	-2.792	Convexa	21846.044,1686.150	21876.044,1688.364	21906.044,1689.741	-0.209	21.491	21.491
167	25	25	4.589	5.722	1.132	Cóncava	21957.039,1692.081	21982.039,1693.229	22007.039,1694.659	0.071	44.151	44.151
168	28	28	5.722	6.913	1.192	Cóncava	22150.330,1702.857	22178.330,1704.459	22206.330,1706.395	0.083	46.996	46.996
169	45	45	6.913	1.509	-5.405	Convexa	22250.752,1709.466	22295.752,1712.577	22340.752,1713.256	-0.608	16.652	16.652
170	35	35	1.509	-0.971	-2.48	Convexa	22444.002,1714.813	22479.002,1715.341	22514.002,1715.001	-0.217	28.226	28.226
171	45	45	-0.971	-3.987	-3.015	Convexa	22689.239,1713.299	22734.239,1712.862	22779.239,1711.068	-0.339	29.847	29.847
172	35	35	-3.987	0.526	4.513	Cóncava	22811.497,1709.782	22846.497,1708.386	22881.497,1708.570	0.395	15.512	15.512
173	30	30	0.526	-2.583	-3.109	Convexa	22902.180,1708.679	22932.180,1708.837	22962.180,1708.062	-0.233	19.3	19.3
174	28	28	-2.583	-8.15	-5.567	Convexa	23014.962,1706.698	23042.962,1705.975	23070.962,1703.693	-0.39	10.06	10.06
175	54	54	-8.15	0.508	8.658	Cóncava	23220.913,1691.473	23274.913,1687.072	23328.913,1687.346	1.169	12.475	12.475
176	25	25	0.508	-0.504	-1.012	Convexa	23388.280,1687.648	23413.280,1687.775	23438.280,1687.649	-0.063	49.403	49.403
177	25	25	-0.504	0.514	1.018	Cóncava	23618.229,1686.741	23643.229,1686.615	23668.229,1686.744	0.064	49.13	49.13
178	38	38	0.514	-8.616	-9.13	Convexa	23729.443,1687.058	23767.443,1687.253	23805.443,1683.979	-0.867	8.324	8.324
179	27	27	-8.616	-2.902	5.714	Cóncava	23915.061,1674.534	23942.061,1672.207	23969.061,1671.424	0.386	9.45	9.45
180	53	53	-2.902	5.772	8.674	Cóncava	24032.620,1669.579	24085.620,1668.041	24138.620,1671.101	1.149	12.221	12.221
181	45	45	5.772	8.297	2.525	Cóncava	24162.880,1672.501	24207.880,1675.098	24252.880,1678.832	0.284	35.645	35.645
182	35	35	8.297	6.401	-1.896	Convexa	24331.710,1685.372	24366.710,1688.276	24401.710,1690.517	-0.166	36.92	36.92
183	24	24	6.401	7.377	0.976	Cóncava	24426.143,1692.080	24450.143,1693.617	24474.143,1695.387	0.059	49.177	49.177
184	20	20	7.377	5.437	-1.94	Convexa	24512.704,1698.232	24532.704,1699.707	24552.704,1700.794	-0.097	20.614	20.614
185	77	77	5.437	-9.463	-14.9	Convexa	24616.371,1704.256	24693.371,1708.442	24770.371,1701.155	-2.868	10.336	10.336

RESUMEN CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES												
PIV #	Longitud (m)		Pendiente (%)		A %	Tipo de Curva	Abscisa, Cota (m)			Externa m	K	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida			PCV	PIV	PTV		Entrada	Salida
186	25	25	-9.463	-8.28	1.183	Cóncava	24852.757,1693.359	24877.757,1690.993	24902.757,1688.923	0.074	42.27	42.27
187	42	42	-8.28	0	8.28	Cóncava	24959.057,1684.262	25001.057,1680.784	25043.057,1680.784	0.869	10.145	10.145
188	46	46	0	9.934	9.934	Cóncava	25149.542,1680.784	25195.542,1680.784	25241.542,1685.353	1.142	9.261	9.261
189	50	50	9.934	4.137	-5.796	Convexa	25294.229,1690.587	25344.229,1695.554	25394.229,1697.623	-0.725	17.252	17.252
190	30	30	4.137	5.363	1.225	Cóncava	25441.057,1699.560	25471.057,1700.801	25501.057,1702.410	0.092	48.965	48.965
191	30	30	5.363	1.933	-3.43	Convexa	25576.204,1706.440	25606.204,1708.049	25636.204,1708.629	-0.257	17.494	17.494
192	20	20	1.933	1.103	-0.83	Convexa	25748.607,1710.802	25768.607,1711.188	25788.607,1711.409	-0.042	48.177	48.177
193	28	28	1.103	2.271	1.168	Cóncava	25855.057,1712.142	25883.057,1712.450	25911.057,1713.086	0.082	47.954	47.954
194	45	45	2.271	-0.56	-2.831	Convexa	25966.524,1714.345	26011.524,1715.367	26056.524,1715.115	-0.318	31.793	31.793
195	35	35	-0.56	1.793	2.353	Cóncava	26141.165,1714.641	26176.165,1714.445	26211.165,1715.072	0.206	29.744	29.744
196	23	23	1.793	-1.271	-3.064	Convexa	26327.696,1717.162	26350.696,1717.574	26373.696,1717.282	-0.176	15.011	15.011
197	83	83	-1.271	-7.88	-6.609	Convexa	26516.737,1715.464	26599.737,1714.409	26682.737,1707.868	-1.371	25.116	25.116
198	35	35	-7.88	-5.704	2.176	Cóncava	26734.044,1703.825	26769.044,1701.066	26804.044,1699.070	0.19	32.163	32.163
199	50	50	-5.704	-9.678	-3.974	Convexa	26857.441,1696.024	26907.441,1693.172	26957.441,1688.333	-0.497	25.165	25.165
200	45	45	-9.678	-0.001	9.677	Cóncava	26995.578,1684.642	27040.578,1680.287	27085.578,1680.287	1.089	9.3	9.3
201	45	45	-0.001	9.991	9.992	Cóncava	27100.546,1680.287	27145.546,1680.287	27190.546,1684.783	1.124	9.007	9.007
PQV-202	0	0	9.991	9.809	-0.182	Convexa		27368.584,1702.571				
203	70	70	9.809	-1.944	-11.753	Convexa	27535.386,1718.933	27605.386,1725.800	27675.386,1724.439	-2.057	11.912	11.912
204	40	40	-1.944	-9.97	-8.026	Convexa	27754.860,1722.894	27794.860,1722.117	27834.860,1718.129	-0.803	9.968	9.968
205	45	45	-9.97	-0.003	9.967	Cóncava	27895.857,1712.047	27940.857,1707.561	27985.857,1707.560	1.121	9.03	9.03
206	44	44	-0.003	9.693	9.695	Cóncava	28052.416,1707.558	28096.416,1707.557	28140.416,1711.822	1.066	9.077	9.077
207	45	45	9.693	6.362	-3.331	Convexa	28222.691,1719.796	28267.691,1724.158	28312.691,1727.021	-0.375	27.022	27.022
208	45	45	6.362	8.368	2.006	Cóncava	28332.237,1728.264	28377.237,1731.127	28422.237,1734.893	0.226	44.866	44.866
209	42	42	8.368	-1.05	-9.418	Convexa	28503.945,1741.730	28545.945,1745.245	28587.945,1744.804	-0.989	8.919	8.919
210	55	55	-1.05	9.994	11.044	Cóncava	28808.603,1742.487	28863.603,1741.910	28918.603,1747.407	1.519	9.96	9.96
211	25	25	9.994	8.91	-1.085	Convexa	29009.130,1756.454	29034.130,1758.953	29059.130,1761.180	-0.068	46.094	46.094
212	64	64	8.91	-3.897	-12.807	Convexa	29126.074,1767.145	29190.074,1772.847	29254.074,1770.353	-2.049	9.995	9.995
213	35	35	-3.897	0	3.897	Cóncava	29295.117,1768.753	29330.117,1767.389	29365.117,1767.389	0.341	17.961	17.961
214	45	45	0	9.14	9.14	Cóncava	29599.728,1767.389	29644.728,1767.389	29689.728,1771.502	1.028	9.846	9.846
215	40	40	9.14	4.108	-5.033	Convexa	29749.558,1776.971	29789.558,1780.627	29829.558,1782.270	-0.503	15.895	15.895
216	50	50	4.108	8.957	4.849	Cóncava	29967.690,1787.944	30017.690,1789.998	30067.690,1794.476	0.606	20.622	20.622
217	40	40	8.957	6.032	-2.924	Convexa	30233.911,1809.364	30273.911,1812.947	30313.911,1815.360	-0.292	27.357	27.357
218	50	50	6.032	-7.134	-13.167	Convexa	30339.820,1816.922	30389.820,1819.939	30439.820,1816.371	-1.646	7.595	7.595
219	30	30	-7.134	-9.958	-2.824	Convexa	30469.272,1814.270	30499.272,1812.130	30529.272,1809.142	-0.212	21.248	21.248
220	40	40	-9.958	-2.12	7.838	Cóncava	30717.714,1790.377	30757.714,1786.394	30797.714,1785.546	0.784	10.207	10.207
221	40	40	-2.12	1.791	3.911	Cóncava	30878.952,1783.823	30918.952,1782.975	30958.952,1783.692	0.391	20.454	20.454
222	35	35	1.791	-6.285	-8.076	Convexa	31010.831,1784.621	31045.831,1785.248	31080.831,1783.048	-0.707	8.668	8.668
223	40	40	-6.285	-9.983	-3.698	Convexa	31183.003,1776.627	31223.003,1774.113	31263.003,1770.120	-0.37	21.635	21.635
224	52	52	-9.982	1.347	11.329	Cóncava	31341.505,1762.284	31393.505,1757.094	31445.505,1757.794	1.473	9.18	9.18
225	22	22	1.347	4.342	2.995	Cóncava	31535.452,1759.005	31557.452,1759.301	31579.452,1760.256	0.165	14.691	14.691
226	40	40	4.342	0.743	-3.598	Convexa	31623.580,1762.172	31663.580,1763.909	31703.580,1764.206	-0.36	22.232	22.232
227	40	40	0.743	7.008	6.265	Cóncava	31790.846,1764.854	31830.846,1765.152	31870.846,1767.955	0.627	12.768	12.768
228	55	55	7.008	-3.03	-10.039	Convexa	31957.252,1774.011	32012.252,1777.866	32067.252,1776.199	-1.38	10.958	10.958
229	40	40	-3.03	-8.844	-5.814	Convexa	32140.692,1773.974	32180.692,1772.762	32220.692,1769.224	-0.581	13.76	13.76

RESUMEN CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES												
PIV #	Longitud (m)		Pendiente (%)		A %	Tipo de Curva	Abscisa, Cota (m)			Externa m	K	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida			PCV	PIV	PTV		Entrada	Salida
230	24	24	-8.844	-9.807	-0.963	Convexa	32341.657,1758.526	32365.657,1756.403	32389.657,1754.049	-0.058	49.858	49.858
231	65	65	-9.807	1.655	11.462	Cóncava	32466.631,1746.501	32531.631,1740.126	32596.631,1741.202	1.863	11.342	11.342
232	30	30	1.655	-2.418	-4.072	Convexa	32796.218,1744.504	32826.218,1745.001	32856.218,1744.276	-0.305	14.734	14.734
233	35	35	-2.418	4.123	6.541	Cóncava	32881.764,1743.658	32916.764,1742.812	32951.764,1744.255	0.572	10.702	10.702
234	30	30	4.123	1.461	-2.663	Convexa	32979.381,1745.394	33009.381,1746.631	33039.381,1747.069	-0.2	22.534	22.534
235	20	20	1.461	5.42	3.96	Cóncava	33072.686,1747.555	33092.686,1747.848	33112.686,1748.932	0.198	10.102	10.102
236	20	20	5.42	6.349	0.929	Cóncava	33162.981,1751.658	33182.981,1752.742	33202.981,1754.012	0.046	43.054	43.054
237	40	40	6.349	-5.732	-12.081	Convexa	33276.227,1758.663	33316.227,1761.202	33356.227,1758.910	-1.208	6.622	6.622
238	16	16	-5.732	-6.49	-0.758	Convexa	33449.261,1753.577	33465.261,1752.660	33481.261,1751.622	-0.03	42.21	42.21
239	74	74	-6.49	9.828	16.317	Cóncava	33642.571,1741.154	33716.571,1736.351	33790.571,1743.624	3.019	9.07	9.07
240	42	42	9.828	-4.977	-14.805	Convexa	33989.275,1763.151	34031.275,1767.279	34073.275,1765.188	-1.555	5.674	5.674
241	23	23	-4.977	-1.982	2.995	Cóncava	34134.691,1762.132	34157.691,1760.987	34180.691,1760.531	0.172	15.359	15.359
242	42	42	-1.982	3.196	5.178	Cóncava	34225.895,1759.635	34267.895,1758.802	34309.895,1760.145	0.544	16.221	16.221
243	32	32	3.196	4.484	1.288	Cóncava	34445.125,1764.467	34477.125,1765.489	34509.125,1766.924	0.103	49.705	49.705
244	35	35	4.484	-0.812	-5.296	Convexa	34572.556,1769.768	34607.556,1771.337	34642.556,1771.053	-0.463	13.217	13.217
245	30	30	-0.812	0.51	1.322	Cóncava	34965.527,1768.429	34995.527,1768.186	35025.527,1768.338	0.099	45.376	45.376
246	55	55	0.51	-4.356	-4.866	Convexa	35224.539,1769.353	35279.539,1769.634	35334.539,1767.238	-0.669	22.606	22.606
247	30	30	-4.356	-2.725	1.631	Cóncava	35384.099,1765.079	35414.099,1763.772	35444.099,1762.955	0.122	36.781	36.781
248	30	30	-2.725	-4.917	-2.192	Convexa	35513.887,1761.053	35543.887,1760.236	35573.887,1758.761	-0.164	27.376	27.376
249	35	35	-4.917	-1.832	3.084	Cóncava	35595.641,1757.691	35630.641,1755.970	35665.641,1755.329	0.27	22.697	22.697
250	30	30	-1.832	-0.507	1.325	Cóncava	35711.114,1754.496	35741.114,1753.946	35771.114,1753.794	0.099	45.272	45.272
251	45	45	-0.507	-2.409	-1.902	Convexa	35966.329,1752.804	36011.329,1752.576	36056.329,1751.492	-0.214	47.32	47.32
252	75	75	-2.409	6.752	9.161	Cóncava	36161.178,1748.966	36236.178,1747.159	36311.178,1752.223	1.718	16.374	16.374
253	30	30	6.752	2.721	-4.031	Convexa	36455.109,1761.941	36485.109,1763.967	36515.109,1764.783	-0.302	14.886	14.886
254	30	30	2.721	4.202	1.481	Cóncava	36592.043,1766.877	36622.043,1767.693	36652.043,1768.954	0.111	40.526	40.526
255	35	35	4.202	6.183	1.981	Cóncava	36716.954,1771.681	36751.954,1773.152	36786.954,1775.316	0.173	35.335	35.335
256	26	26	6.183	1.077	-5.106	Convexa	36815.864,1777.103	36841.864,1778.711	36867.864,1778.991	-0.332	10.184	10.184
257	60	60	1.077	6.353	5.276	Cóncava	37012.968,1780.553	37072.968,1781.199	37132.968,1785.011	0.791	22.743	22.743
258	25	25	6.353	3.93	-2.423	Convexa	37297.434,1795.460	37322.434,1797.048	37347.434,1798.031	-0.151	20.636	20.636
259	30	30	3.93	5.591	1.661	Cóncava	37432.246,1801.364	37462.246,1802.543	37492.246,1804.220	0.125	36.118	36.118
260	30	30	5.591	3.483	-2.108	Convexa	37548.650,1807.374	37578.650,1809.051	37608.650,1810.096	-0.158	28.463	28.463
261	35	35	3.483	4.986	1.503	Cóncava	37684.927,1812.753	37719.927,1813.972	37754.927,1815.717	0.131	46.585	46.585
262	35	35	4.986	1.732	-3.254	Convexa	37962.285,1826.056	37997.285,1827.801	38032.285,1828.407	-0.285	21.511	21.511
263	32	32	1.732	-5.312	-7.044	Convexa	38153.576,1830.508	38185.576,1831.062	38217.576,1829.362	-0.564	9.086	9.086
264	32	32	-5.312	-0.802	4.511	Cóncava	38379.176,1820.777	38411.176,1819.077	38443.176,1818.821	0.361	14.188	14.188
265	45	45	-0.802	7.952	8.754	Cóncava	38519.147,1818.212	38564.147,1817.851	38609.147,1821.430	0.985	10.281	10.281
266	35	35	7.952	4.047	-3.905	Convexa	38737.752,1831.657	38772.752,1834.440	38807.752,1835.857	-0.342	17.925	17.925
267	35	35	4.047	6.377	2.329	Cóncava	39081.894,1846.952	39116.894,1848.368	39151.894,1850.600	0.204	30.051	30.051
268	38	38	6.377	-3.214	-9.591	Convexa	39244.546,1856.508	39282.546,1858.931	39320.546,1857.710	-0.911	7.924	7.924
269	45	45	-3.214	2.141	5.355	Cóncava	39372.268,1856.047	39417.268,1854.601	39462.268,1855.564	0.602	16.806	16.806
270	35	35	2.141	6.503	4.363	Cóncava	39531.570,1857.048	39566.570,1857.797	39601.570,1860.073	0.382	16.046	16.046
271	45	45	6.503	-5.92	-12.423	Convexa	39641.543,1862.673	39686.543,1865.599	39731.543,1862.935	-1.398	7.245	7.245
272	32	32	-5.92	-1.185	4.734	Cóncava	39920.141,1851.771	39952.141,1849.877	39984.141,1849.497	0.379	13.518	13.518
273	30	30	-1.185	0.861	2.047	Cóncava	40152.379,1847.503	40182.379,1847.148	40212.379,1847.406	0.153	29.316	29.316
274	30	30	0.861	-0.985	-1.846	Convexa	40249.361,1847.725	40279.361,1847.983	40309.361,1847.688	-0.138	32.5	32.5

RESUMEN CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES												
PIV #	Longitud (m)		Pendiente (%)		A %	Tipo de Curva	Abscisa, Cota (m)			Externa m	K	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida			PCV	PIV	PTV		Entrada	Salida
275	30	30	-0.985	3.197	4.181	Cóncava	40337.422,1847.411	40367.422,1847.116	40397.422,1848.075	0.314	14.349	14.349
276	30	30	3.197	-5.52	-8.716	Convexa	40418.383,1848.745	40448.383,1849.704	40478.383,1848.048	-0.654	6.884	6.884
277	52	52	-5.52	5.467	10.987	Cóncava	40495.928,1847.080	40547.928,1844.210	40599.928,1847.052	1.428	9.466	9.466
278	50	50	5.467	7.887	2.42	Cóncava	40670.730,1850.923	40720.730,1853.657	40770.730,1857.601	0.303	41.318	41.318
279	32	32	7.887	5.505	-2.383	Convexa	40978.481,1873.987	41010.481,1876.511	41042.481,1878.273	-0.191	26.86	26.86
280	45	45	5.505	0.749	-4.755	Convexa	41155.172,1884.476	41200.172,1886.953	41245.172,1887.290	-0.535	18.926	18.926
281	40	40	0.749	-2.318	-3.068	Convexa	41291.199,1887.635	41331.199,1887.935	41371.199,1887.008	-0.307	26.077	26.077
282	42	42	-2.318	4.423	6.742	Cóncava	41401.767,1886.299	41443.767,1885.325	41485.767,1887.183	0.708	12.46	12.46
283	35	35	4.423	7.836	3.412	Cóncava	41559.302,1890.436	41594.302,1891.984	41629.302,1894.727	0.299	20.515	20.515
284	85	85	7.836	-6.096	-13.932	Convexa	41745.147,1903.804	41830.147,1910.464	41915.147,1905.282	-2.961	12.202	12.202
285	50	50	-6.096	4.969	11.065	Cóncava	41939.285,1903.811	41989.285,1900.762	42039.285,1903.247	1.383	9.037	9.037
286	32	32	4.969	-7.24	-12.209	Convexa	42068.455,1904.696	42100.455,1906.287	42132.455,1903.970	-0.977	5.242	5.242
287	40	40	-7.24	0.976	8.216	Cóncava	42184.130,1900.229	42224.130,1897.333	42264.130,1897.723	0.822	9.737	9.737
288	40	40	0.976	4.388	3.412	Cóncava	42447.424,1899.513	42487.424,1899.904	42527.424,1901.659	0.341	23.449	23.449
289	45	45	4.388	1.312	-3.076	Convexa	42565.848,1903.345	42610.848,1905.320	42655.848,1905.910	-0.346	29.26	29.26
290	120	120	1.312	7.019	5.707	Cóncava	42948.984,1909.757	43068.984,1911.331	43188.984,1919.754	1.712	42.055	42.055
291	32	32	7.019	5.05	-1.969	Convexa	43243.119,1923.554	43275.119,1925.800	43307.119,1927.416	-0.158	32.5	32.5
292	32	32	5.05	6.889	1.839	Cóncava	43343.822,1929.269	43375.822,1930.885	43407.822,1933.090	0.147	34.801	34.801
293	60	60	6.889	-6.892	-13.78	Convexa	43432.302,1934.776	43492.302,1938.910	43552.302,1934.775	-2.067	8.708	8.708
294	50	50	-6.892	-1.006	5.885	Cóncava	43617.032,1930.314	43667.032,1926.868	43717.032,1926.365	0.736	16.991	16.991
295	35	35	-1.006	3.519	4.525	Cóncava	43797.018,1925.560	43832.018,1925.208	43867.018,1926.439	0.396	15.47	15.47
296	45	45	3.519	-2.783	-6.302	Convexa	44067.949,1933.509	44112.949,1935.093	44157.949,1933.841	-0.709	14.282	14.282
297	40	40	-2.783	0.968	3.751	Cóncava	44181.276,1933.191	44221.276,1932.078	44261.276,1932.465	0.375	21.326	21.326
298	32	32	0.968	-0.51	-1.479	Convexa	44319.812,1933.032	44351.812,1933.342	44383.812,1933.179	-0.118	43.282	43.282
299	50	50	-0.51	8.453	8.963	Cóncava	44551.479,1932.323	44601.479,1932.068	44651.479,1936.294	1.12	11.157	11.157
300	40	40	8.453	4.511	-3.941	Convexa	44819.383,1950.486	44859.383,1953.867	44899.383,1955.672	-0.394	20.298	20.298
301	25	25	4.511	2.793	-1.718	Convexa	44962.433,1958.516	44987.433,1959.644	45012.433,1960.342	-0.107	29.105	29.105
302								45030.000,1960.833				

Fuente Elaboración propia con base en el Volumen II. Consorcio Desarrollo Pacífico

8.3.6.1 Resumen de los criterios de Diseño Geométrico.

A continuación, se presenta un cuadro que contiene el resumen de los criterios de diseño Geométrico del Tramo I Popayán- Fondas a la velocidad de 40 km/h y el tramo II Argelia – El Plateado.

Tabla 28 Resumen de Parámetros de diseño geométrico Tramo I Popayán- Fondas

PARÁMETRO		VALOR
1	Clasificación de la carretera	Secundaria
2	Tipo de terreno	Montañoso
3	Velocidad de diseño	40 km/h
4	Ancho de calzada	6.6 m
5	Número de carriles	2
6	Ancho de carril	3.3 m
7	Berma	0.5 m
8	Cunetas	0.7
9	Radio mínimo de giro	41 m
10	Peralte máximo	8%
11	Pendiente máxima relativa de la rampa de peraltes	0.96%
12	Pendiente mínima relativa de la rampa de peraltes	0.33%
13	Pendiente máxima	10%
14	Pendiente mínima	0.50%
15	Longitud mínima de tangente vertical	80 m
16	Bombeo	2.00%
17	K min curva convexa	4
18	K min curva cóncava	9
19	K máx. curva vertical	50
20	Distancia de Visibilidad de Parada	50 m
21	Distancia de Visibilidad de Adelantamiento	270 m

Fuente. Elaboración propia con base en el en el Volumen Diseño Geométrico. Consorcio Desarrollo Pacífico.

Tabla 29 Resumen de Parámetros de diseño geométrico Tramo II Argelia – Plateado

PARÁMETRO		VALOR
1	Clasificación de la carretera	Secundaria
2	Tipo de terreno	Montañoso
3	Velocidad de diseño	40 km/h
4	Ancho de calzada	6.6 m
5	Número de carriles	2
6	Ancho de carril	3.3 m
7	Berma	0.5 m
8	Cunetas	0.7
9	Radio mínimo de giro	41 m
10	Peralte máximo	8%
11	Pendiente máxima relativa de la rampa de peraltes	0.96%

PARÁMETRO		VALOR
12	Pendiente mínima relativa de la rampa de peraltes	0.33%
13	Pendiente máxima	10%
14	Pendiente mínima	0.50%
15	Longitud mínima de tangente vertical	80 m
16	Bombeo	2.00%
17	K min curva convexa	4
18	K min curva cóncava	9
19	K máx. curva vertical	50
20	Distancia de Visibilidad de Parada	50
21	Distancia de Visibilidad de Adelantamiento	270

Fuente. Elaboración propia con base en el en el Volumen Diseño Geométrico. Consorcio Desarrollo Pacífico.

8.4 PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO GEOMÉTRICO.

Sobre el modelo digital del terreno (MDT) se realizó el diseño preliminar geométrico en planta, perfil y secciones transversales, teniendo en cuenta el ancho del corredor propuesto en la fase I, para lo cual se utilizó el programa de diseño geométrico TOPO 3, programa elaborado por el Ing. Efraín Solano, profesor de la Universidad del Cauca. A continuación, se indica el procedimiento para el diseño de los diferentes elementos que conforman el diseño geométrico.

8.4.1 Diseño en Planta

Teniendo en cuenta los parámetros del manual de diseño geométrico de carreteras - INVÍAS 2008 se da inicio al trazado geométrico preliminar, sobre una topografía con precisión 1: 5000 la cual procede de un procesamiento de imágenes radar del banco de imágenes del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, para los tramos con corredor existente Popayán – Fondas tramo 1 y Argelia – El Plateado tramo 2 se trató en lo posible de aprovechar el trazado geométrico actual, donde se hace una mejora de todas las especificaciones geométricas.

Tabla 30 Longitud pre diseño fase II

Tramo	Descripción	Longitud (km)	Estado
1	Popayán – Fondas	44.456	Completo
2	Argelia - El Plateado	31.749	Completo

Fuente. Volumen Diseño Geométrico. Consorcio Desarrollo Pacífico.

8.4.2 Diseño en Perfil

Con base en el diseño geométrico en planta se extrajo un perfil tentativo del eje sobre el cual se diseñó las curvas horizontales, se ajustó el diseño en perfil siguiendo la forma del

terreno natural, cumpliendo en los parámetros de diseño propuestos, pendientes mínima y máxima e igualmente con la longitud mínima y máxima de las curvas verticales; en aquellos tramos con corredor existente se trató en lo posible de aprovechar el trazado geométrico actual, donde se hace una mejora de todas las especificaciones geométricas de los corredores, como resultado se obtiene un trazado que cumple con las especificaciones del manual de diseño geométrico de carreteras 2008-INVÍAS.

Además de los parámetros de diseño geométrico en perfil, se ha tenido en cuenta los siguientes aspectos para realizar el ajuste al diseño en perfil:

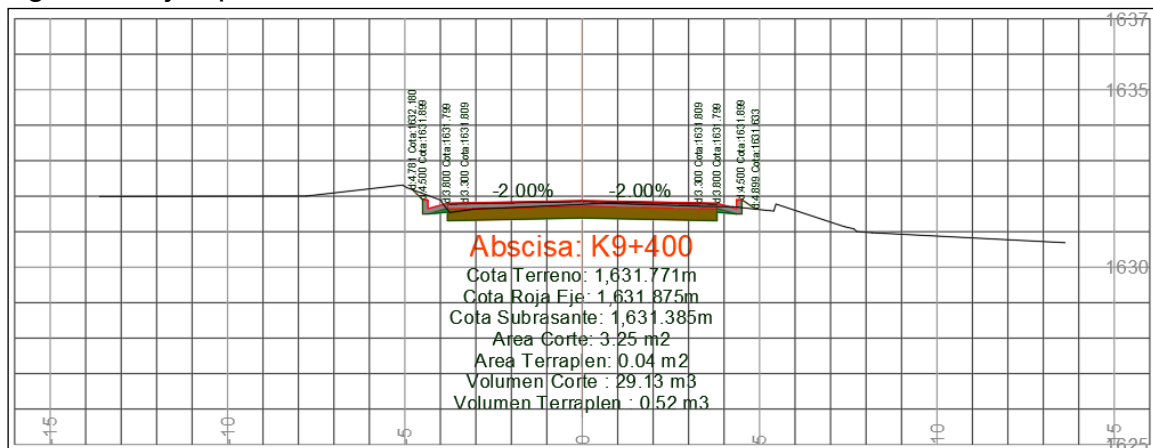
- Aprovechamiento de algunos sectores del diseño de rasante existente.
- Cambio de pendientes longitudinales de todo el trazo de la vía
- Cambio de longitud de curvas verticales.
- Minimizar movimiento de tierras
- Localización de muros
- Localización Puentes
- Elaboración de planos planta-perfil

Como producto del diseño vertical de la vía, se presentan los planos en perfil que contienen adjunto el perfil longitudinal del terreno, el perfil del eje de diseño con su información de la rasante diseñada y su conjunto de elementos del alineamiento vertical.

8.4.3 Secciones Transversales

Utilizando el software de diseño geométrico se obtuvieron las secciones transversales con lo cual se hace el cálculo de volúmenes y movimiento de tierras, además sirven como apoyo para identificar sitios críticos donde se pueden presentar muros de contención y controlar la altura de los chaflanes de corte de gran magnitud.

Figura 16 Ejemplo de Sección transversal de diseño



Fuente. Fuente. Elaboración propia con base en el software Topo3.

8.5 PLANOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO

Se presentarán planos en los formatos planta - perfil con los respectivos listados de campo y deben contener:

8.5.1 Planta: Escala 1:1.000

- Eje del proyecto rotulado con abscisas de los puntos singulares y cada 100 m.
- Sección transversal típica.
- Ancho de calzada proyectada (línea continua).
- BM's.
- Escalas gráficas.
- Elementos de curvaturas del proyecto, incluye coordenadas de los PI.
- Escalas para presentación H=1:1000 y V=1:100.
- Localización de alcantarillas, pontones, puentes y muros proyectados.
- Cunetas revestidas (línea continua).
- Zonas de inestabilidad geotécnica.
- Abscisado cada 100 m., con indicación del km., dentro de un círculo
- Velocidad de diseño.
- Nombres de los ríos y quebradas, indicando sentido de las aguas
- Ancho de banca.

8.5.2 Perfil longitudinal: Escalas V 1:100

- Perfil de terreno existente por el eje y la media banca superior e inferior.
- Proyecto de rasante con indicación de pendientes.
- Elementos de curvas.
- Muros de contención.
- Movimiento de tierra cada 50 m.

8.5.3 Sección transversal típica

Se presentará la sección transversal típica correspondiente a cada subsector propuesto de estudio, en tangente o en curva, en cada plano de planta-perfil y deberá contener:

- Ancho de calzada.
- Bermas.
- Pendientes transversales.
- Espesores y especificaciones para cada una de las capas de pavimento.
- Dimensiones de la cuneta respecto al borde de pavimento.

8.5.4 Listados de Carteras

Las carteras que se adjuntarán son:

- Cuadro del Alineamiento Horizontal.
- Cuadro del Alineamiento Vertical.
- Cartera de Rasantes y Peraltes.
- Cartera de Localización.
- Carteras de Movimiento de Tierras.
- Cartera de chaflanes.




8.6 ORGANIZACIÓN DE PLANOS PLANTA PERFIL DETALLE.

Una vez listo el diseño geométrico en AutoCAD, se procede a organizarlo en las presentaciones (layout) a través de ventanas gráficas (viewports). Primero se debe organizar el perfil ya que esta cuenta con información fundamental como los elementos de la curva vertical, la cual debe evitar cortarse y debido a esto no todos los planos tendrán la misma distancia.

Para el caso de los planos de diseño geométrico en perfil ya no se necesita ubicar un cuadro en la malla del modelo para poder organizar cada plano, las ventanas gráficas se copian de una presentación a otra y se “giran” por lo que la nueva ventana empieza donde termina la anterior, luego se realizaron algunos cortes debido a pendientes muy pronunciadas los cuales se desplazaron hacia arriba o abajo en cada ventana hasta encontrar armonía en el plano, ya que algunos planos presentaron más dificultades debido a pendientes muy pronunciadas y que incluían elementos de curvas verticales que no se podían cortar.








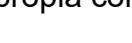
Los diseños finales cuentan con muchos detalles como las convenciones, en este caso se contaban con convenciones topográficas, también con las convenciones en planta del diseño geométrico, esto para la zona en planta de los planos de diseño geométrico para los tramos en cuestión. A continuación, se ilustran algunos de los elementos presentados que fueron dibujados y organizados para los planos planta-perfil.

Figura 17 Convenciones topográficas.

CONVENCIONES TOPOGRAFICAS			
	BORDE DE VIA		PARAMENTO
	EJE DE VIA		MALLA
	ACCESO		GPS
	CUNETA - BORDILLO		OBRA DE DRENAJE
	ARBOL		DELTA
	CERCA		ANDEN
	MUROS EXISTENTES		BERMA
	CURVA DE NIVEL CADA 5 m.		HIDRANTE
	CURVA DE NIVEL CADA 1 m.		POSTE
	PALMA		SEPARADOR
	GAS		ANTEJARDIN
	SEÑAL DE TRANSITO		PUENTE
	SEMAFORO		TALUD

Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD








Figura 18 Convenciones diseño en planta

CONVENCIONES DISEÑO EN PLANTA	
	BORDE DE VIA PROYECTADA
	EJE DE VIA PROYECTADA
	BERMA
	CUNETETA - BORDILLO PROYECTADA
	CHAFLÁN TERRAPLEN PROYECTADO
	CHAFLÁN CORTE PROYECTADO
	MUROS PROYECTADOS
	PUENTES PROYECTADOS

Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD.




Para el caso de la zona en perfil del plano de diseño geométrico las convenciones en perfil se presentan en la figura 19, y también se cuenta con las convenciones de la transición de peralte. En total se tendrán cuatro cuadros de convenciones para presentar de forma ordenada y clara en los planos finales del volumen de diseño geométrico.

Figura 19 Convenciones diseño en perfil

CONVENCIONES PERFIL	
	PERFIL DEL TERRENO EN EL EJE
	PERFIL DEL TERRENO EN EL BORDE DERECHO
	PERFIL DEL TERRENO EN EL BORDE IZQUIERDO
	PERFIL DE RASANTE A BORDE DERECHO
	PERFIL DE RASANTE A BORDE IZQUIERDO
	PERFIL DE LA RASANTE DE DISEÑO
	MURO PROYECTADO

Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD

Figura 20 Convenciones de transición de peralte.

CONVENCIONES TRANSICION DE PERALTE	
	Borde Izquierdo TP
	Borde Derecho TP
	Eje TP

Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD

También se debe presentar en el plano de diseño geométrico el cuadro de especificaciones del diseño, este se ilustra en la figura 21 donde se aprecia toda la información que debe contener.

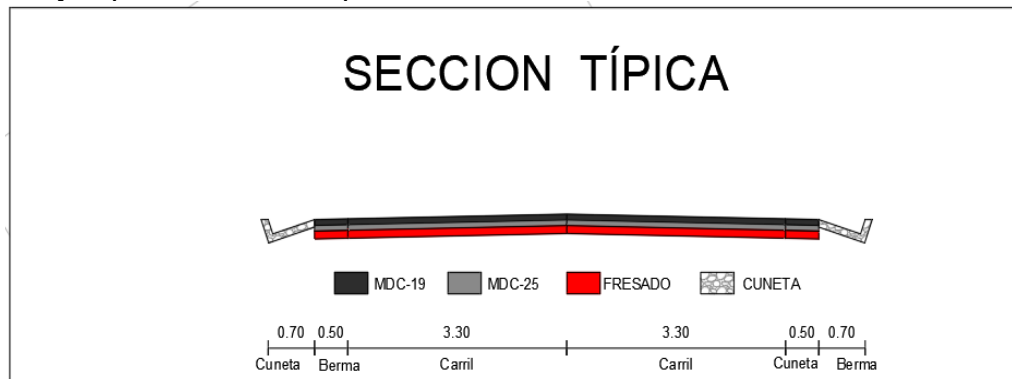
Figura 21 Especificaciones de diseño

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO		
Velocidad de diseño	40 km/h	
Ancho de Calzada	6.6	
Radio Mínimo	41 m	
Peralte Máximo	8 %	
Peralte Mínimo	2 %	
Pendiente Longitudinal Máxima	10%	
Pendiente Longitudinal Mínima	0.5%	
Coeficiente $K_{mín}$ para curvas Verticales	Cóncavas	9
	Convexas	4
Coeficiente $K_{máx}$ para curvas Verticales	50	
Longitud Mínima para Curvas verticales	80 m	

Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD.

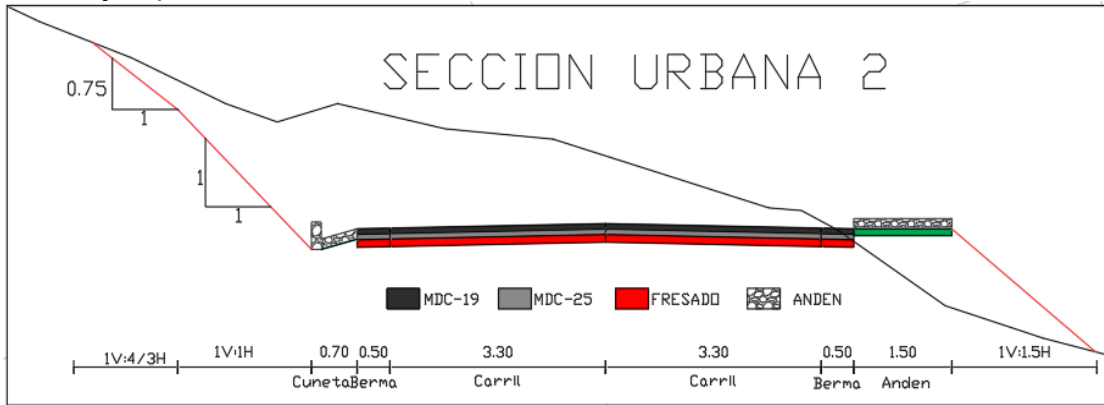
Otro elemento importante que debe incluirse son los tipos de secciones que van a existir a lo largo del tramo ilustrado en cada plano, junto con un cuadro que indique las abscisas entre las cuales está comprendida dicha sección. Para el ejemplo, en la Figura 22 se presenta una sección típica, también pueden existir secciones de puentes o túneles, doble calzada, diferente configuración de taludes laterales y diferente tipo de cuneta o pavimento.

Figura 22 Ejemplo de sección típica.



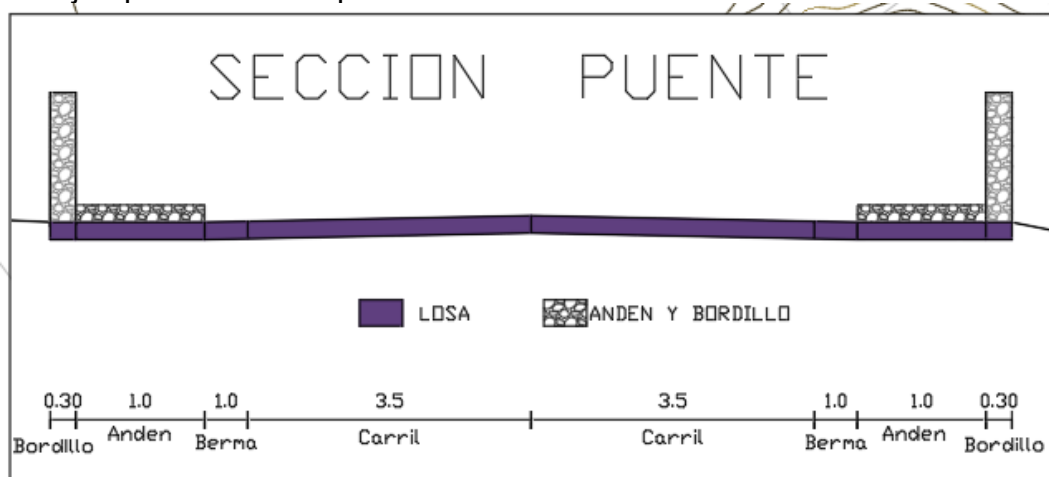
Fuente. Diseños geométricos en AutoCAD. Consorcio Desarrollo Pacífico.

Figura 23 Ejemplo de sección urbana.



Fuente. Diseños geométricos en AutoCAD. Consorcio Desarrollo Pacífico.

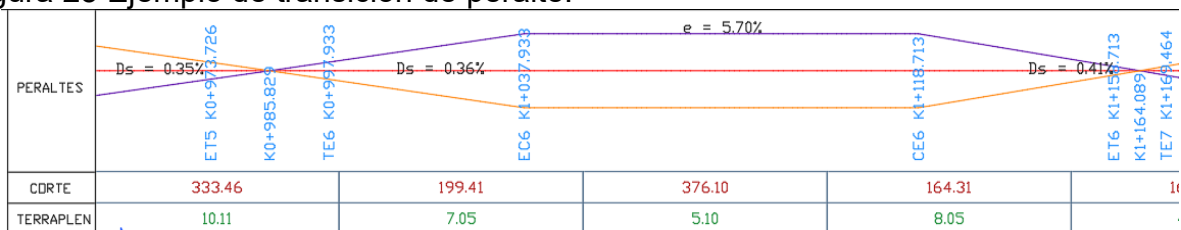
Figura 24 Ejemplo de sección puente.



Fuente. Diseños geométricos en AutoCAD. Consorcio Desarrollo Pacífico.

La transición de peralte se presenta a lo largo de toda la vía, para cada curva, diferenciando los bordes, con sus respectivas pendientes y peralte como se ilustra en la figura 25. Esta transición se presenta en el plano en medio de las ventanas graficas de planta y perfil.

Figura 25 Ejemplo de transición de peralte.



Fuente. Diseños geométricos en AutoCAD. Consorcio Desarrollo Pacífico.

También se presentan las carteras de los elementos de curvas, tanto horizontales, como verticales, como se muestra a continuación.

Figura 26 Ejemplo cuadro de elementos de curvas horizontales.

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL																												
PI#	Tipo	Sentido	Coordenadas		Azimut Entrada	Delta	Absolutas				Longitud / Tangente		Radio	Delta C	LC	Externa	Cuerda							Espiral	Entrelangosta	Transición de Peralto		
			PI	NE (m)			TE	EC	CE	ET	Total	Entrada					Le	Ae	TetaE	Xe	Ye	Xm	Ym			Disloque	Peralte (%)	Rampas (%)
			ID	q.m.s			q.m.s	m	m	m	m	m					m	m	q.m.s	m	m	m	m			m	m	m
6	Espiral-Circulo-Espiral	D	763438.898	104779.297	265.1646	57.405 D	K0+997.933	K1+037.933	K1+118.713	K1+158.713	160.78	86.35	120	38.34,10	80.78	17.617	15.129	40	69.282	9.32.57	39.889	2.216	49.981	128.555	0.559	55.752	5.7	0.36
7	Espiral-Espiral	I	763539.282	104766.225	312.5651	24.27.361	K1+169.454	K1+219.454	K1+219.454	K1+269.454	100	50.541	117.123			3.628	98.789	50	76.526	12.13.47	49.773	3.945	24.962	118.011	0.888	57.367	5.76	0.43
8	Espiral-Espiral	D	763671.826	1047567.922	288.29.17	26.39.38 D	K1+283.031	K1+321.031	K1+321.031	K1+359.031	76	38.49	81.666			3.017	74.907	38	55.707	13.19.49	37.795	2.995	18.966	82.401	0.735	125.749	6.71	0.66
9	Espiral-Espiral	I	763689.076	1047491.279	315.8.54	14.23.341	K1+443.790	K1+485.790	K1+485.790	K1+525.790	80	40.149	159.234			1.686	79.984	40	79.808	7.11.47	39.937	1.673	49.989	118.652	0.418	152.705	5.05	0.58
10	Espiral-Circulo-Espiral	D	763837.881	1047201.550	300.45.20	67.45.23 D	K1+638.486	K1+678.486	K1+845.436	K1+885.436	246.95	137.745	175	54.30.36	166.95	36.245	228.719	40	83.666	6.32.53	39.948	1.922	19.991	175.381	0.381	71.81	4.84	0.4

Fuente. Elaboración propia con base en el software Excel.

Los elementos de la cartera del diseño en planta son: tipo de curva, coordenadas de los PI, azimut de entrada, delta, abscisas (TE, EC, CE, ET), longitud, tangente de entrada, radio, delta c, LC externa, cuerda larga, espiral (Le, Ae, TetaE, Xe, Ye, Xm, Ym, Disloque), transición de peraltado (peralte, rampas de peralte de entrada y salida). La cartera de curvas horizontales tiene muchos más elementos en comparación con la cartera de curva verticales, evidentemente ya que el diseño en planta es más complejo que en perfil, en la siguiente figura se pueden apreciar los elementos que se incluyen en las curvas verticales del diseño en perfil.

Figura 27 Ejemplo cuadro de elementos de curvas verticales.

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA VERTICAL												
PIV	Longitud (m)		Pendiente (%)		A	Tipo de	Abscisa, Cota (m)			Externa	K	
#	Entrada	Salida	Entrada	Salida	%	Curva	PCV	PIV	PTV	m	Entrada	Salida
8	40	40	8.144	3.728	-4.416	Convexa	999.224,1727.289	1039.224,1730.546	1079.224,1732.038	-0.442	18.116	18.116
9	45	45	3.728	1.07	-2.658	Convexa	1175.192,1735.615	1220.192,1737.293	1265.192,1737.774	-0.299	33.857	33.857
10	23	23	1.07	2.006	0.936	Concava	1331.533,1738.484	1354.533,1738.730	1377.533,1739.191	0.054	49.152	49.152
11	35	35	2.006	-7.799	-9.805	Convexa	1429.710,1740.238	1464.710,1740.940	1499.710,1738.210	-0.858	7.139	7.139
12	52	52	-7.799	1.678	9.477	Concava	1541.164,1734.977	1593.164,1730.921	1645.164,1731.794	1.232	10.974	10.974
13	30	30	1.678	-0.54	-2.218	Convexa	1694.487,1732.621	1724.487,1733.125	1754.487,1732.963	-0.166	27.047	27.047
14	35	35	-0.54	1.597	2.137	Concava	1773.668,1732.859	1808.668,1732.670	1843.668,1733.229	0.187	32.751	32.751

Fuente. Elaboración propia con base en el software Excel.

En la marcheta se debe presentar principalmente los datos que se ilustran en la figura 28 con el fin de brindar información puntual y ordenada de lo que contiene cada plano en cuestión.

Figura 28 Información de la marcheta

CONSULTORIA: ESTUDIOS Y DISEÑOS DE FACTIBILIDAD DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN EL MARCO DEL PROYECTO DE REGALIAS CONSTRUCCION DE LA CONEXION POPAYAN-GUAPI SECTOR POPAYAN - EL TAMBO-EL PLATEADO-GUAPI Y CONEXION ARGELIA-EL PLATEADO CAUCA PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA 1940 DE 2019	CONTIENE: PLANTA - PERFIL POPAYÁN - FONDAS K0+950 - K1+870	ESCALA: PLANTA: 1:1000 PERFIL: H-1:000 V-1:100 FECHA: Julio 2021 ARCHIVO: DG-PP-K0+950-K1+870.DWG	PLANO No.: 2 de 49 CÓDIGO: DG-PP-02
---	--	--	---

Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD.

La marcheta cuenta además con información como logos de las entidades involucradas en el proyecto y los sitios para poner las firmas de los encargados del proyecto tanto de consultoría como interventoría, sus nombres, cargo y matrícula profesional también un cuadro para revisiones y modificaciones que se hagan a los planos.

Figura 29 Información de la marcheta

			REVISION/MODIFICACION:	
DISEÑO ING. CARLOS HERNANDEZ GALINDO MAT.No. 19202-52407 CAU	ESPECIALISTA INTERVENTORIA ING. ELMER JAVIER ZUÑIGA MAT.No. 19202-103671 CAU	RESIDENTE CONSULTORIA ING. CAROLINA BOHORQUEZ ROZO MAT.No.25202154783 CDN	No	REVISIÓN
			1	VOLUMEN 0
DIBUJÓ ING. ANA KAREN ALVAREZ GOYES CC. 1085945889	DIRECTOR INTERVENTORIA ING. FERNANDO DELGADO VELASCO MAT.No. 658 CAU	DIRECTOR CONSULTORIA ING. JAIME DUDLEY BATEMAN MAT.No. 139 TMA	2	
			3	

Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD.

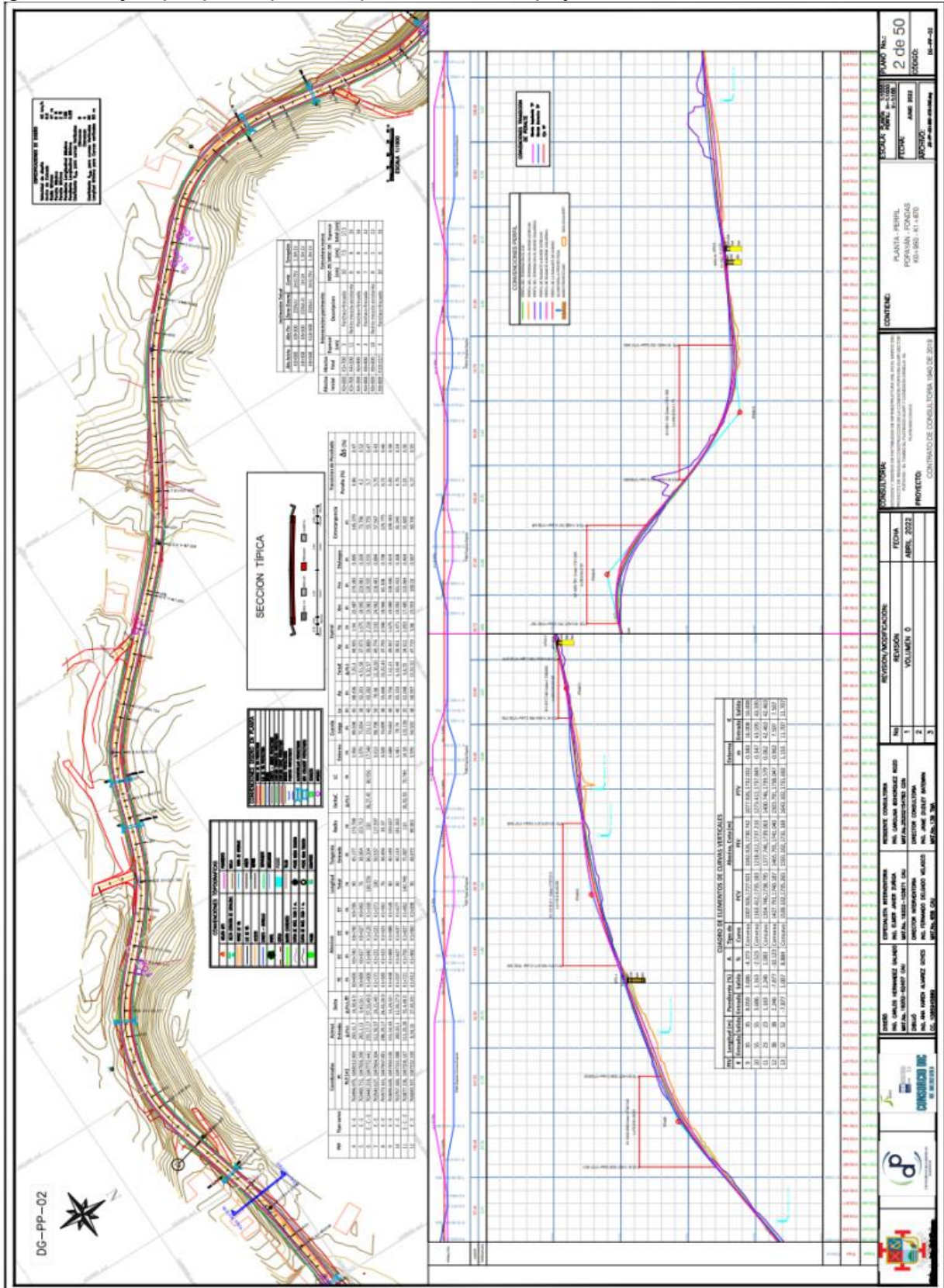
Finalmente, se presenta la configuración de un plano de diseño geométrico completo; aunque de manera individual no se presentaron, este cuenta con otros detalles como, título del plano en la parte superior izquierda, la norte, la escala gráfica, las coordenadas de los mojones o GPS que vienen dados en pares y la malla de coordenadas grilla.

Al plano también se le incluye la topografía del corredor como referencia externa para no hacer tan pesado el archivo digital.

Se organizaron y presentaron 51 planos para el tramo I Popayán – Fondas incluyendo la implantación Calle 5 – Int. Variante.

Para el tramo II Argelia – El Plateado se organizaron y presentaron 35 planos.

Figura 30 Ejemplo plano planta - perfil tramo I Popayán - Fondas



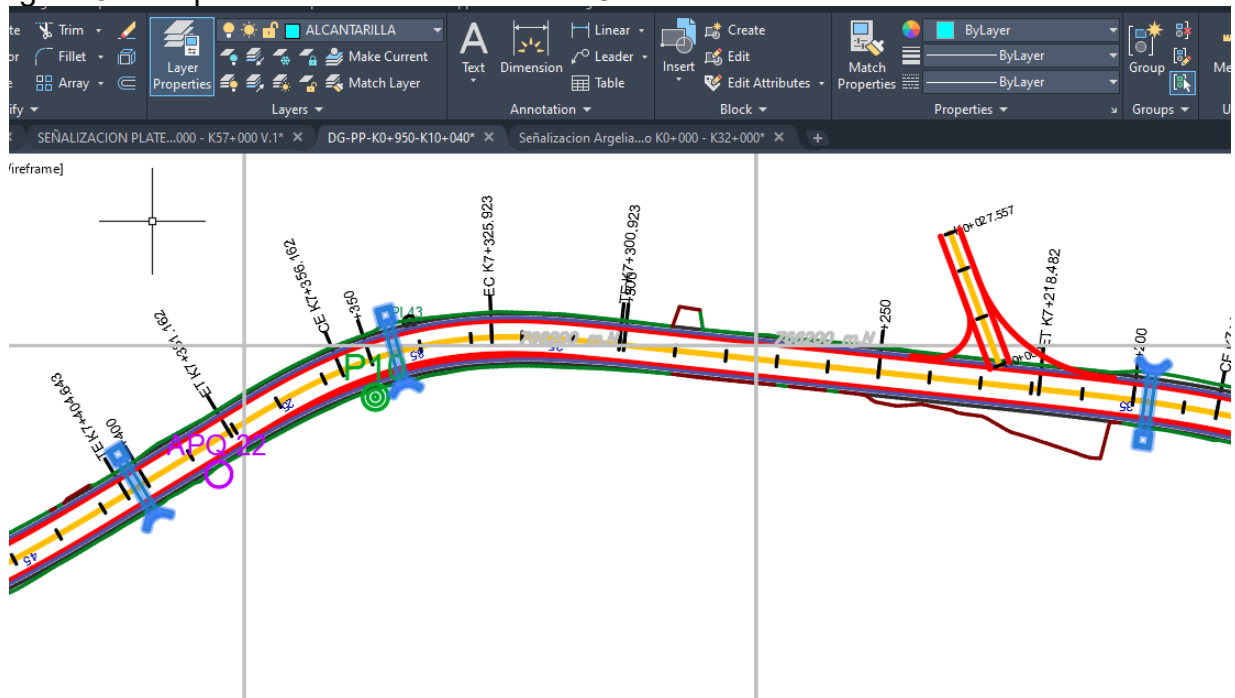
Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD. Consorcio Desarrollo Pacifico, 2023.

8.7 ORGANIZACIÓN Y DIBUJO DE INVENTARIO HIDRÁULICO

Para el caso de las obras hidráulicas, se tiene la siguiente situación. En los tramos existentes como lo son el tramo I (Popayán-Fondas) y tramo II (Argelia-El Plateado) basados en el inventario de obras hidráulicas que se realizó previamente se montaron las alcantarillas inicialmente en Topo3 y con la ayuda de Google Earth se verificó que no hubiesen inconsistencias en los puntos presentados, posteriormente se exportaron los puntos al archivo del diseño geométrico en AutoCAD, donde se extrajeron las abscisas de las alcantarillas respecto al eje de diseño para después poder ubicar sus respectivos bloques en los planos finales.

Una vez se tienen las abscisas de todas las alcantarillas respecto al eje de diseño, con la ayuda de Topo3 se generan los bloques de manera masiva en cada punto y se llevan al archivo de diseño en AutoCAD, donde, dependiendo del sentido de drenaje, se deberá girar cada bloque para reflejar la realidad del corredor.

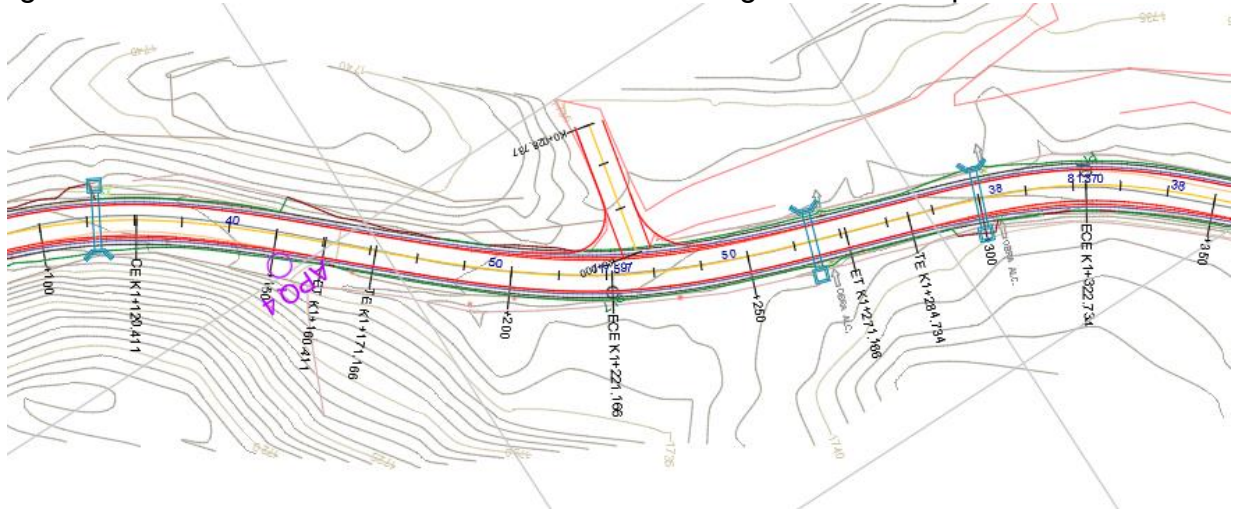
Figura 31 Bloques de alcantarillas en AutoCAD



Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD.

Para la presentación final de los planos del diseño geométrico se debieron incluir la totalidad de los detalles, para las obras hidráulicas como lo son las alcantarillas, se realizó en AutoCAD sus respectivos bloques para identificarlas, tanto en planta como en perfil e igual que para el caso de los bloques de perforaciones.

Figura 32 Ubicación de las alcantarillas en el diseño geométrico en planta



Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD

En la anterior figura se puede apreciar la forma en que se disponen los bloques a lo largo del tramo diseñado, al igual que lo mencionado el sentido del drenaje dependiendo de la topografía.

la información presente en el diseño en planta debe evidenciarse en el respectivo diseño en perfil, para las alcantarillas en perfil se presenta el bloque en la siguiente figura, la cual posee su cota batea junto con el diámetro, estos bloques también son generados con el programa Topo3 y posteriormente son llevados al archivo de AutoCAD.

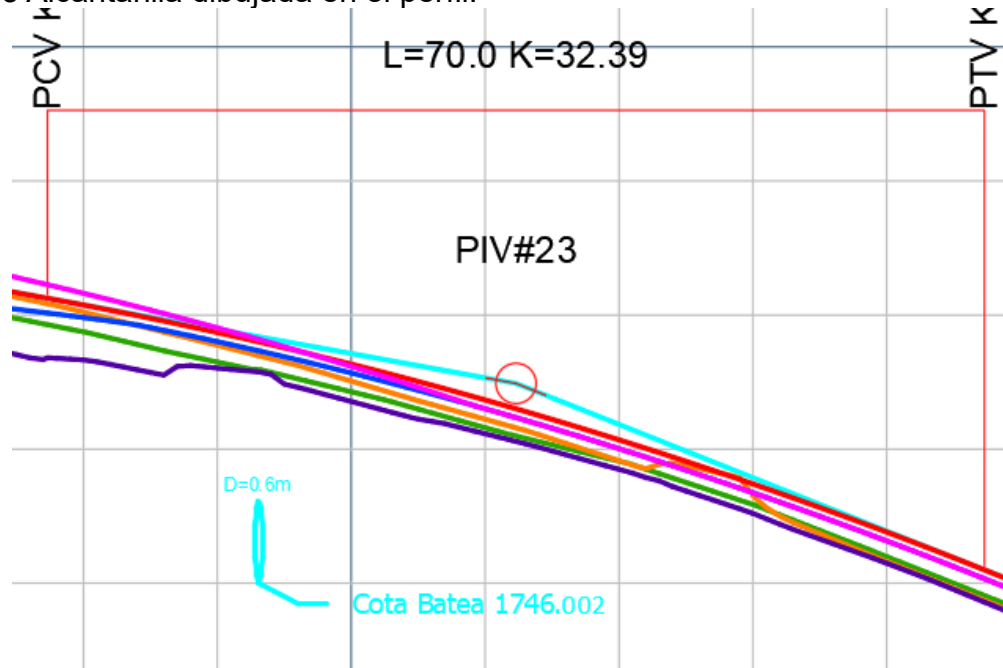
Se verifico el diámetro de las alcantarillas en el Volumen V. Hidrología e Hidráulica antes de dibujar las alcantarillas sobre el perfil de los tramos evaluados las alcantarillas existentes tienen un diámetro de 24 pulgadas y las alcantarillas propuestas por la nueva geometría de diseño de 36 pulgadas.

Tabla 31 Resumen de alcantarillas tramo 1 Popayán - Fondas.

NUMERO	Abscisa INSPECCION VISUAL	Abscisa TRAZADO EXISTENTE CON TOPOGRAFIA	Abscisa DISEÑO GEOMETRICO	Diam. Comercial o CALCULADO	DIAMETRO EXISTENTE EN LA VIA	DIAMETRO PROPUESTO PARA EL NUEVO PROYECTO	PEN de Diseño en %	PEN de Diseño FORMA DECIMAL	Área Aferente	Q TOTAL	Vo	Qtot/Go	ALCANTARILLAS NUEVAS EN P.V.C	MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA M-L	OBSERVACIONES
No.	m	m	m	pulg.	pulg.	pulg.	%	j (m/m)	Ha	Lit/seg.	Vo m/sg		NUMERO	-	-
1	K00+600	K 0 + 534.00	K 0 + 607.00	24	24.00	24	10.88	0.1088	0.00	1.00	2.00	0.002		M-L	DEJAR EXISTENTE
2	K00+850	K 0 + 780.00	K 0 + 853.00	24	24.00	24	1.48	0.0148	1.74	32.16	2.00	0.048		M-L	DEJAR EXISTENTE
3	K00+966	K 0 + 893.00	K 0 + 966.00	24	24.00	24	2.33	0.0233	0.81	14.92	2.00	0.022		M-L	DEJAR EXISTENTE
4	K01+110	K 1 + 039.00	K 1 + 112.00	24	24.00	24	2.14	0.0214	0.93	17.24	2.00	0.026		M-L	DEJAR EXISTENTE
5	K01+264	K 1 + 192.00	K 1 + 265.00	24	24.00	24	10.21	0.1021	0.07	1.29	2.00	0.002		M-L	DEJAR EXISTENTE
6	K01+300	K 1 + 228.00	K 1 + 301.00	24	24.00	24	1.97	0.0197	1.07	19.81	2.00	0.029		M-L	DEJAR EXISTENTE

Fuente. Componente hidráulico. Consorcio Desarrollo Pacífico.

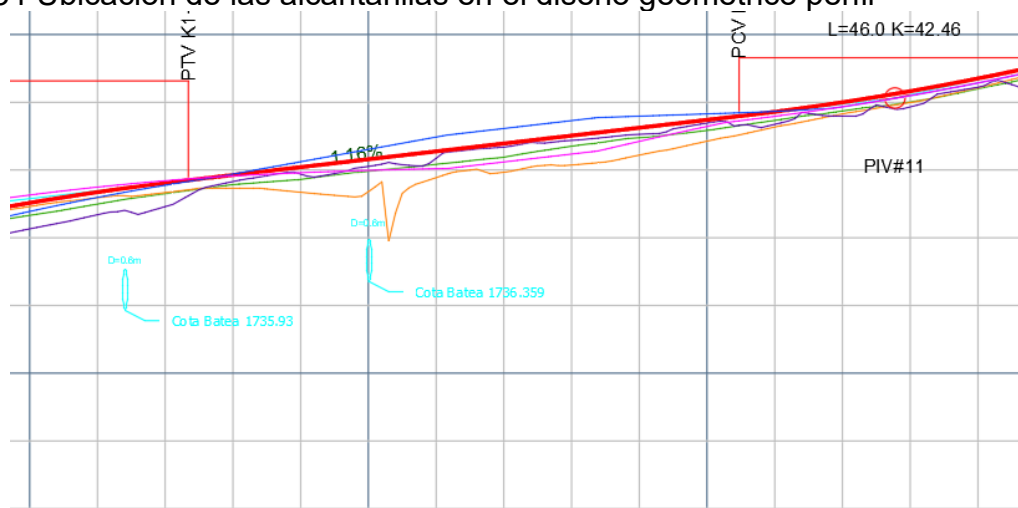
Figura 33 Alcantarilla dibujada en el perfil.



Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD

En la siguiente figura se ilustra la manera en que los bloques de las alcantarillas quedan ubicados a lo largo del diseño en perfil.

Figura 34 Ubicación de las alcantarillas en el diseño geométrico perfil



Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD

Para el tramo I Popayán – Fondas se dibujaron 342 alcantarillas y para el tramo II Argelia – El Plateado 141.

8.8 ORGANIZACIÓN Y DIBUJO DE PUENTES.

Al igual que las obras hidráulicas menores detalladas anteriormente se deben presentar en los planos finales del diseño geométrico las obras hidráulicas mayores como los puentes en este caso tanto en planta como en perfil, los cuales se deben dibujar individualmente para cada una de las proyecciones, identificando su nombre/número y abscisa para su presentación.

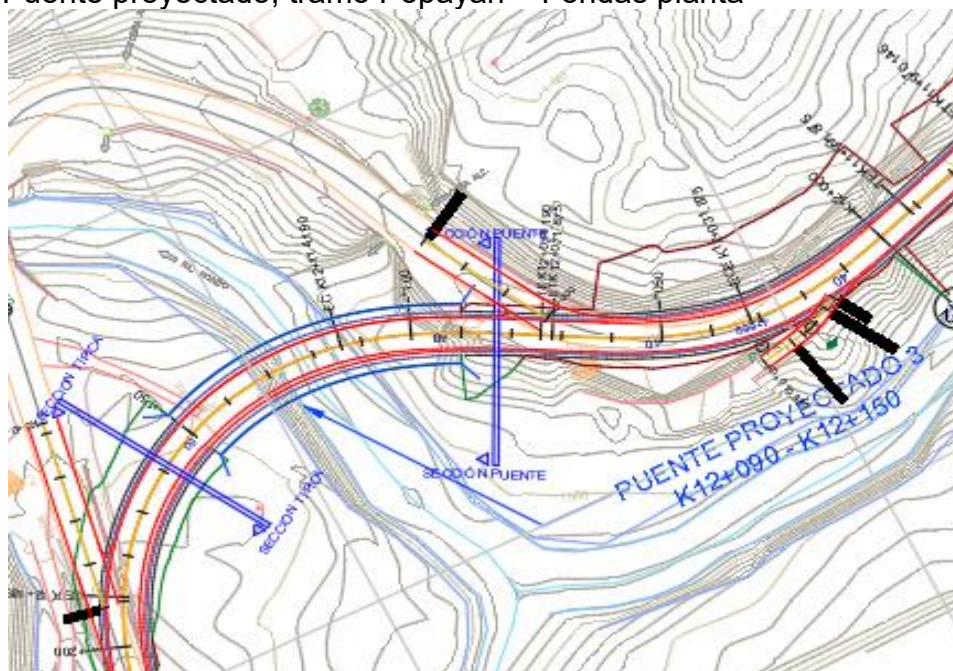
Las obras hidráulicas mayores como puentes, proyectadas según el criterio del diseñador hidráulico y geométrico para este caso se creó una capa, para dibujar y nombrar cada puente proyectado sobre el diseño geométrico tanto en planta como en perfil, antes de dibujar se verifico el abscisado y la longitud del puente en las batimetrías en este caso en el Volumen V. Hidrología e Hidráulica en donde previamente se tenía la información.

Tabla 32 Cartera de puentes Popayán - Fondas

PUENTES K0+000 – K45+030				
Numero	Abs inicial	Abs final	Longitud	Estructura
2	K09+470	K09+480	10	Puente
3	K12+090	K12+150	60	Puente
4	K14+445	K14+460	15	Puente
5	K17+427	K17+443	16	Puente
6	K19+110	K19+125	15	Puente
7	K21+615	K21+625	10	Puente
8	K23+970	K23+985	15	Puente
9	K25+045	K25+140	95	Puente
10	K27+088	K27+100	12	Puente
11	K27+986	K28+052	66	Puente
12	K29+366	K29+580	214	Puente

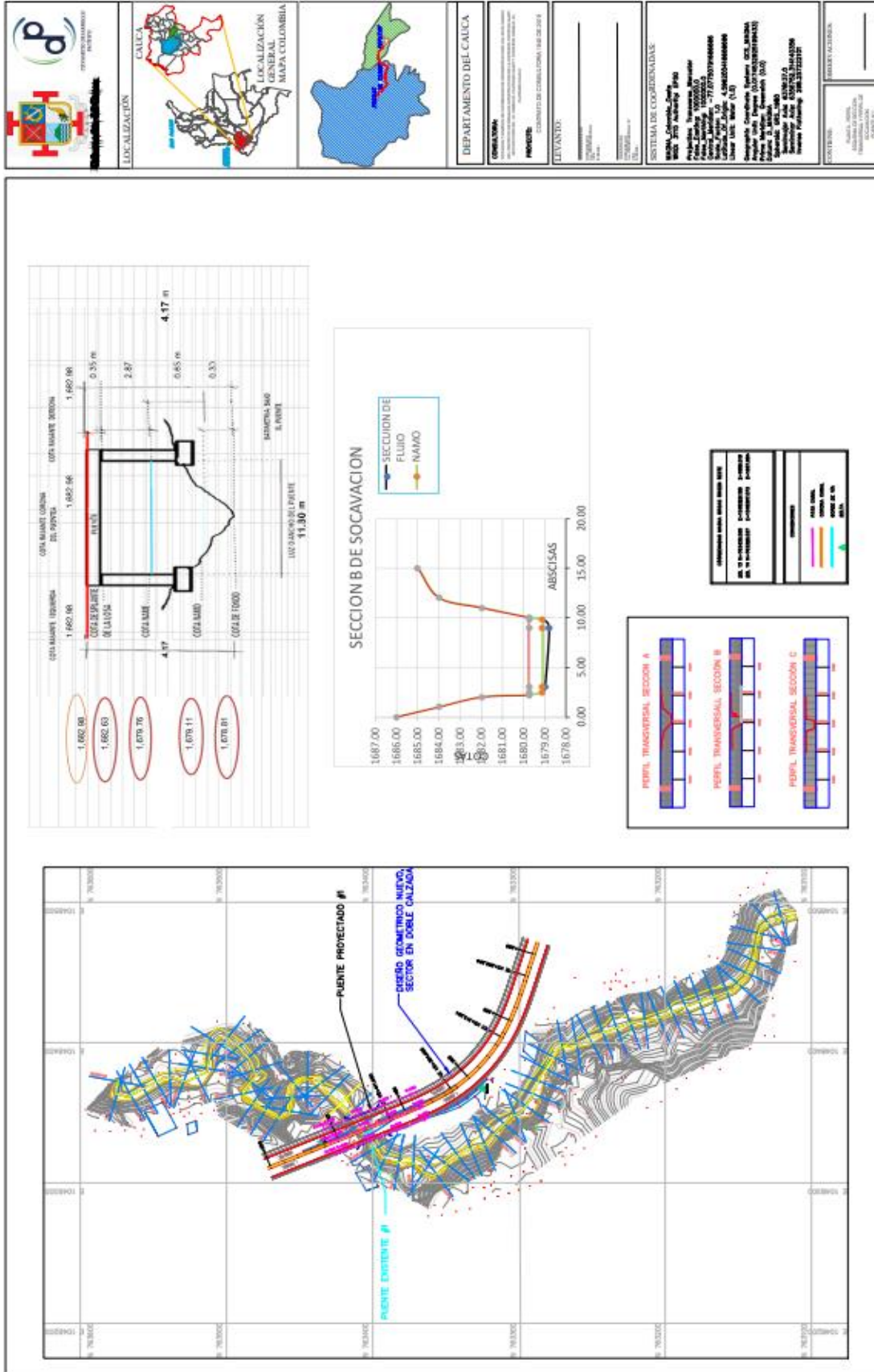
Fuente. Elaboración propia con base en el software Excel

Figura 35 Puente proyectado, tramo Popayán – Fondas planta



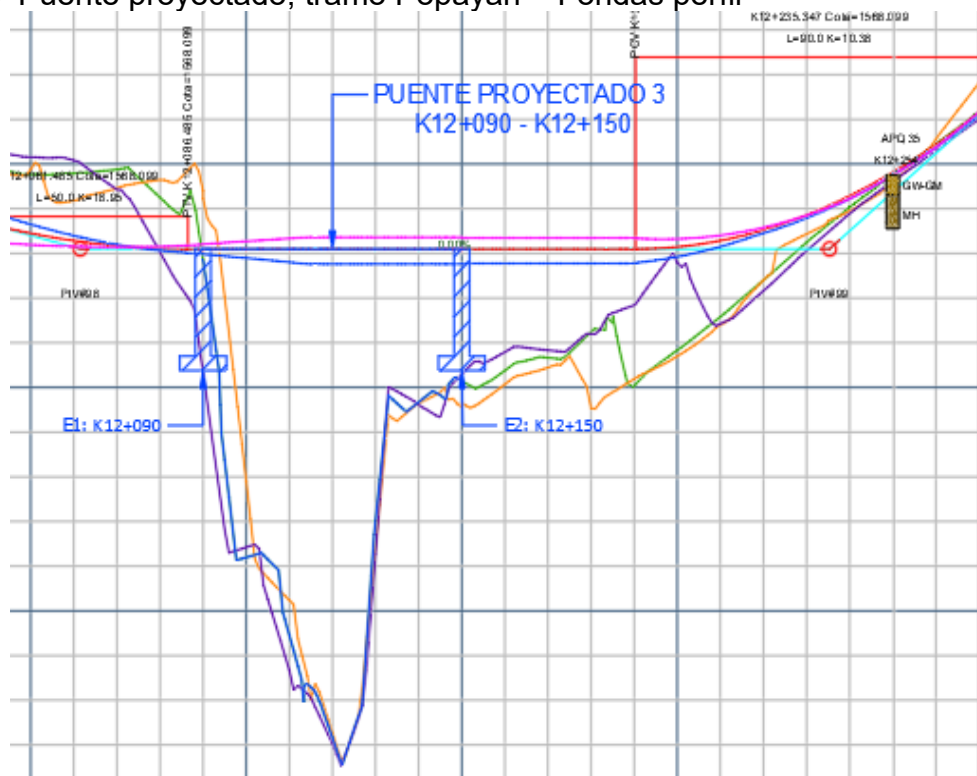
Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD

Figura 36 Ejemplo de Batimetría, Popayán - Fondas



Fuente. Componente hidráulico. Consorcio Desarrollo Pacífico.

Figura 37 Puente proyectado, tramo Popayán – Fondas perfil



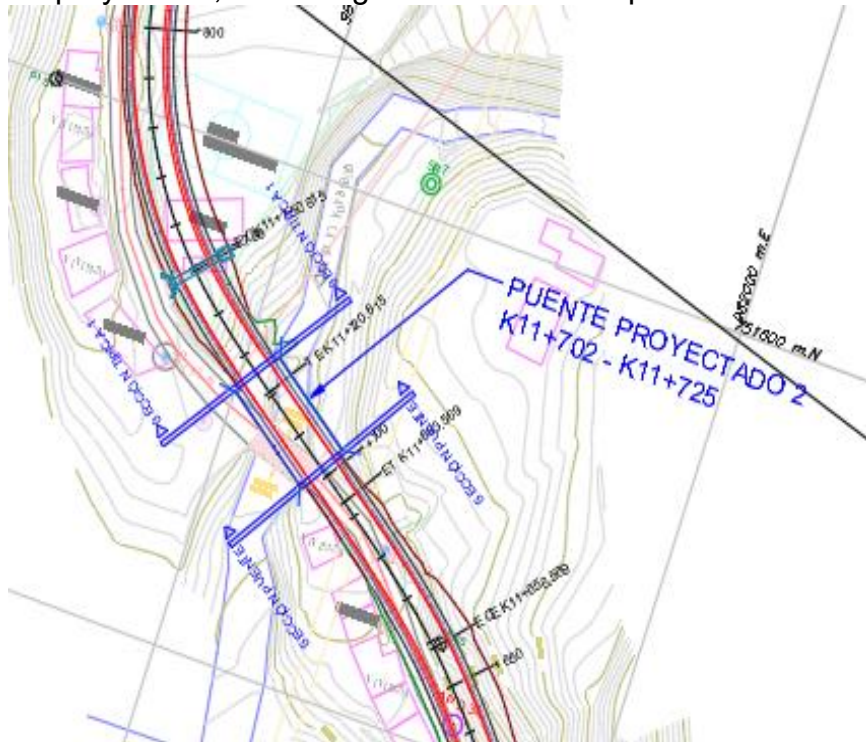
Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD.

Tabla 33 Cartera de puentes Argelia – El Plateado

PUNTES K0+000 - K32+480				
#	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Longitud (m)	Estructura
1	K3+550	K3+582	32	Puente
2	K11+702	K11+725	23	Puente
3	K14+285	K14+490	205	Puente
4	K15+640	K15+663	23	Puente
5	K16+802	K16+822	20	Puente
6	K19+977	K20+022	45	Puente
7	K21+227	K21+282	55	Puente
8	K24+722	K24+734	12	Puente
9	K25+527	K25+547	20	Puente
10	K26+220	K26+258	38	Puente
11	K27+120	K27+195	75	Puente
12	K28+385	K28+408	23	Puente
13	K30+348	K30+378	30	Puente
14	K31+630	K31+665	35	Puente

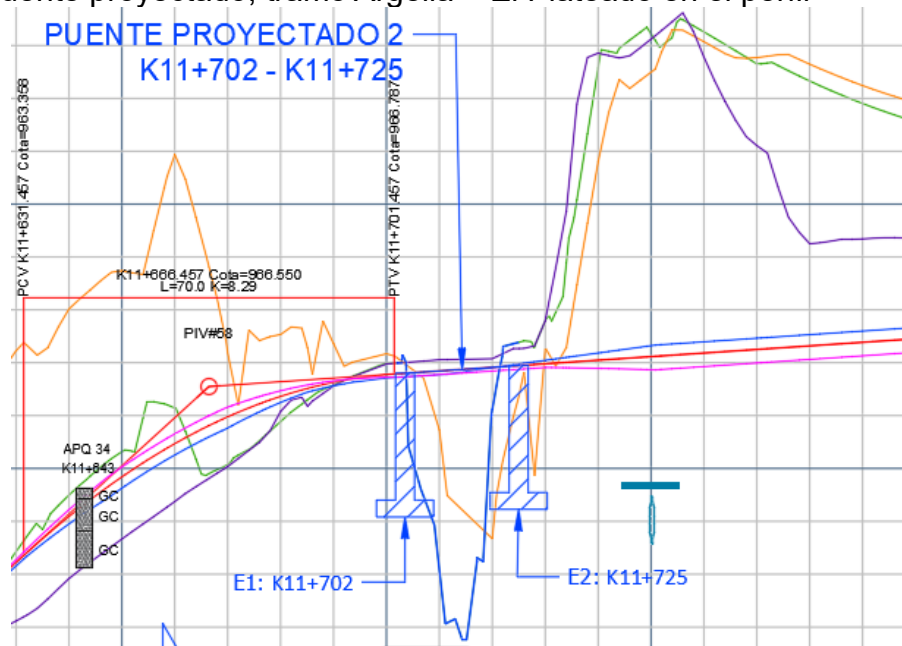
Fuente. Elaboración propia con base en el software Excel

Tabla 34 Puente proyectado, tramo Argelia – El Plateado planta



Fuente Elaboración propia con base en el software AutoCAD.

Figura 38 Puente proyectado, tramo Argelia – El Plateado en el perfil



Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD.

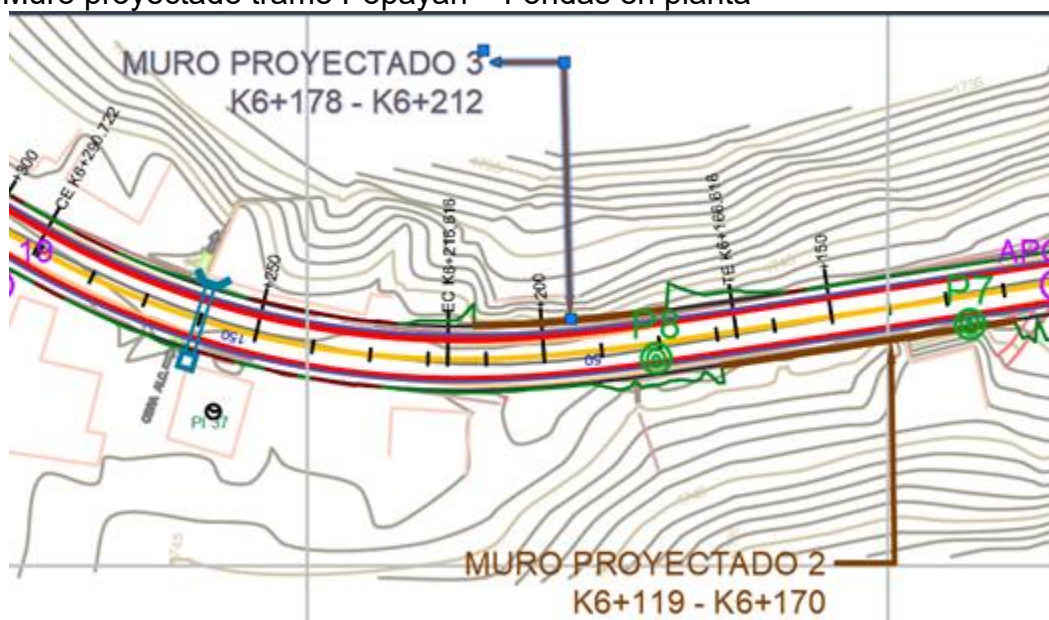
8.9 ORGANIZACIÓN Y DIBUJO DE MUROS

Uno de los detalles de los planos finales del diseño geométrico que se deben incluir son los muros proyectados, tanto en planta como en perfil, los cuales se deben dibujar

individualmente para cada una de las proyecciones, identificando su nombre/número, abscisa, para su presentación se creó una capa en este caso *Diseño vía muros* donde se proceden a dibujar los muros en planta con una polilínea para distinguir de otras obras y que sea conforme a las convenciones del diseño en planta se le cambia el color a la capa y se le da un espesor a la polilínea para que sea uniforme en todos los muros, la longitud de cada muro proyectado varía de acuerdo a su longitud.

A continuación, se ilustra una parte del procedimiento.

Figura 39 Muro proyectado tramo Popayán – Fondas en planta



Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD.

Tabla 35 Ejemplo cartera obras de contención tramo Popayán - Fondas

OBRAS DE CONTENCION K0+000 - K45+030					
Numero	Abs inicial	Abs final	Longitud	Obra de contencion	Lado
1	K05+936	K05+943	50	Muro	Izquierda
2	K06+119	K06+170	50	Muro	Izquierda
3	K06+178	K06+212	35	Muro	Derecha
4	K06+828	K06+836	30	Muro	Izquierda
5	K08+072	K08+082	45	Muro	Izquierda
6	K08+357	K08+397	70	Muro	Izquierda
7	K09+226	K09+229	13	Muro	Derecha
8	K09+276	K09+286	20	Muro	Derecha
9	K10+480	K10+501	20	Muro	Izquierda
10	K13+445	K13+490	35	Muro	Izquierda
11	K13+827	K13+840	20	Muro	Derecha
12	K13+860	K13+875	15	Muro	Izquierda
13	K14+460	K14+462	35	Muro	Izquierda
14	K15+405	K15+440	55	Muro	Izquierda
15	K17+240	K17+300	25	Muro	Izquierda

Fuente. Elaboración propia con base en el software Excel

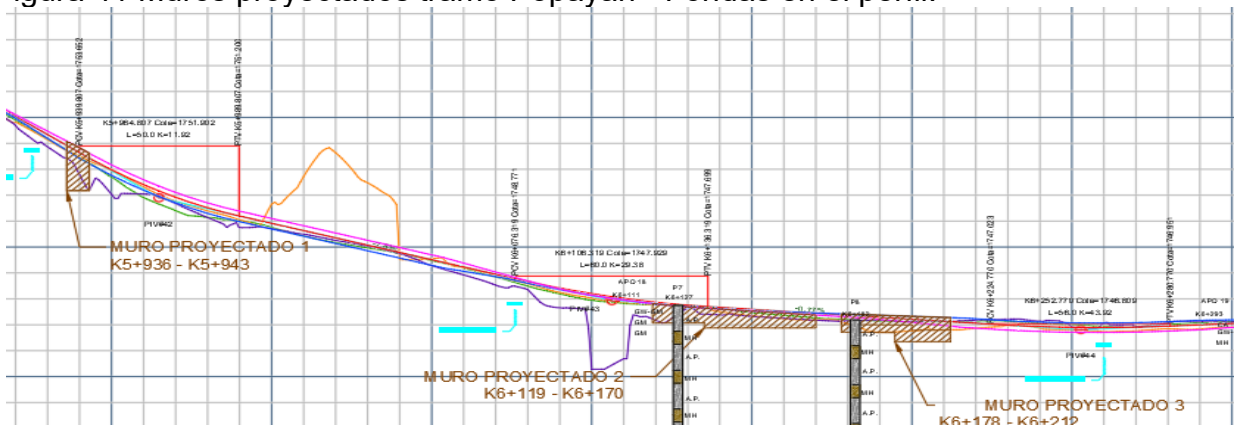
Figura 40 Muros proyectados tramo Popayán - Fondas planta



Fuente. Diseños geométricos en AutoCAD. Consorcio Desarrollo Pacifico.

Para la presentación de los muros proyectados en perfil, se creó una capa, así como para los muros dibujados en planta, se ajustó el color de la capa y el espesor de la polilínea, se dibujó el muro, dependiendo del Abscisado sobre el alineamiento del perfil de la rasante y los muros se dibujaron en terrazas si la longitud era muy larga, al escoger la polilínea y con la opción de Hatch se procede a rellenar el muro, para ello se escogió un patrón para todos los planos, y se ajustaron las propiedades como transparencia y la densidad de líneas. Para el Tramo I Popayán – Fondas se dibujaron 149 obras de contención tanto en planta como en Perfil, y para el tramo II Argelia – El Plateado 57 obras de contención. En la siguiente figura se ilustran varios muros sobre el diseño en perfil, en este caso estos muros pertenecen al tramo I Popayán – Fondas.

Figura 41 Muros proyectados tramo Popayán - Fondas en el perfil.



Fuente. Diseños geométricos en AutoCAD. Consorcio Desarrollo Pacifico.

8.10 ORGANIZACIÓN Y PRESENTACIÓN DE PLANOS DE SECCIONES TRANSVERSALES.

Como en todas las entregas finales, además de los planos planta – perfil con todos los detalles, también se presentan las secciones transversales del diseño, el programa Topo3 nos da las secciones como un bloque al exportarlas a AutoCAD como se muestra en la siguiente figura, por lo que fue imperativo arreglar cada plano de secciones, se procedió a armar la marcheta, se copió la marcheta de los planos Planta – Perfil para adecuar a las secciones transversales por lo que se ajustó el tamaño del layout, se cambió el contenido, nombre del archivo, numero de plano y el código con respecto a esto se crear un código para nombrar cada plano en este caso se utilizó el código DG-ST-00.

Figura 42 Bloque de Secciones transversales exportada a AutoCAD.



Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD

En la siguiente figura se ilustra un ejemplo de la marcheta creada para las secciones transversales.

Figura 43 Marcheta para secciones transversales.

CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES SECTOR 1 - PROYECTO PACIFICO	ESCALA: 1:100	PLANO No.:
	FECHA: JUNIO 2022	1 de 174
	ARCHIVO: DG:SECTOR 1.dwg	CÓDIGO: DG-ST-01

Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD.

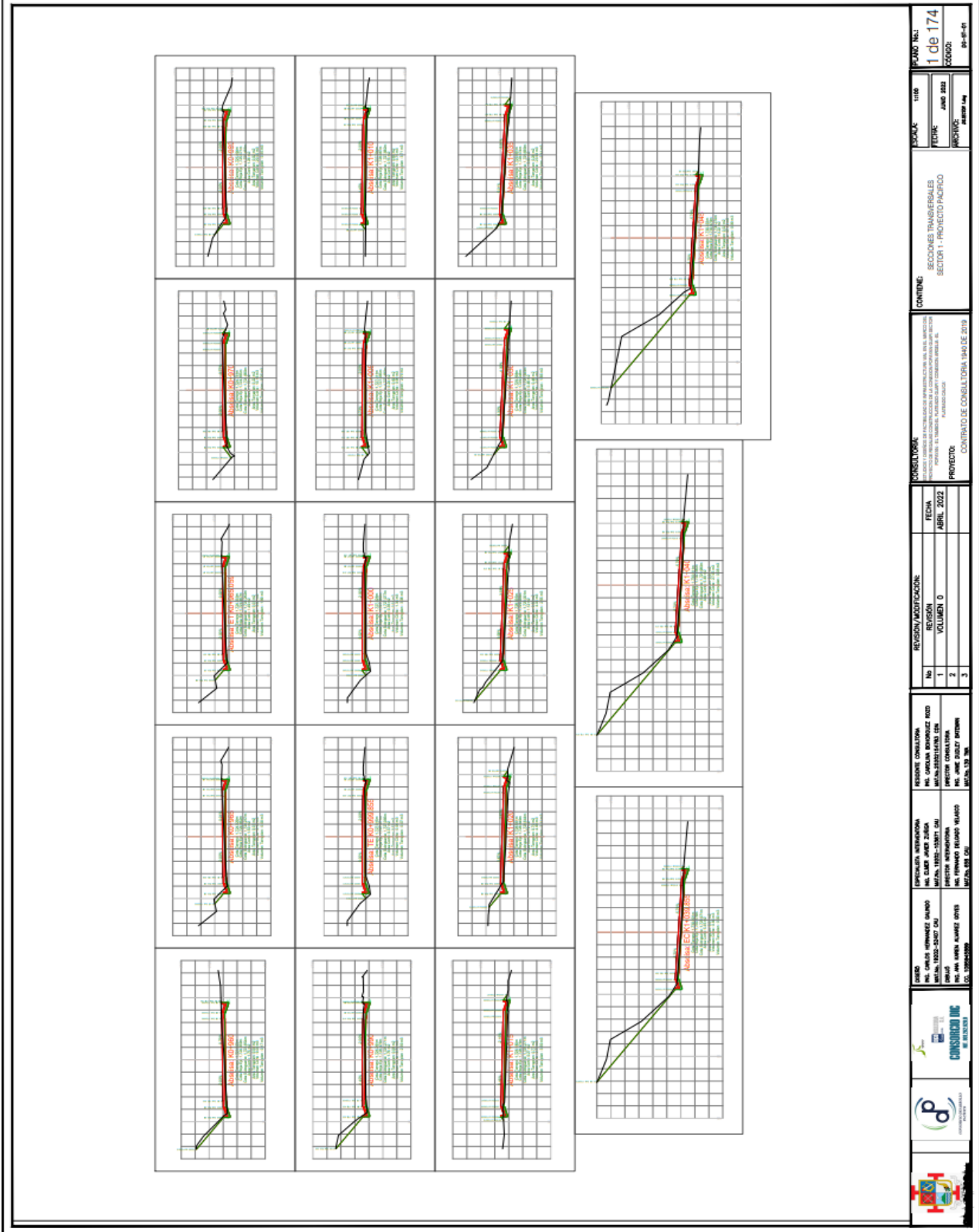
Se procedió a crear la ventana gráfica y a escalarla, la escala que se utilizó fue igual a la de los planos planta – perfil 1:1000, se buscó en el modelo el cuadro de secciones que iban en ese plano y se terminó de adecuar rotando el plano en la ventana gráfica.

Una vez se tuvo listo ese plano y por motivos de facilidad, se copió el layout terminado se editó el nombre del layout, el código y número del plano y se adecuó la ventana gráfica con el siguiente cuadro de secciones transversales, para finalizar se verificó la escala de la ventana gráfica.

Se procedió a hacer el mismo procedimiento con los 4 sectores del tramo I Popayán – Fondas, de los cuales en total se organizaron 571 planos de secciones transversales y para el tramo II Argelia – El Plateado 627 planos de secciones transversales.

A continuación, se ilustra una imagen de un plano de secciones transversales finalizado.

Figura 44 Ejemplo de Plano de secciones transversales



Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD

8.11 ORGANIZACIÓN Y PRESENTACIÓN DE PLANOS REDUCIDOS DEL PROYECTO.

Para la presentación de los planos planta y perfil reducido se tiene en cuenta lo siguiente:

Planta

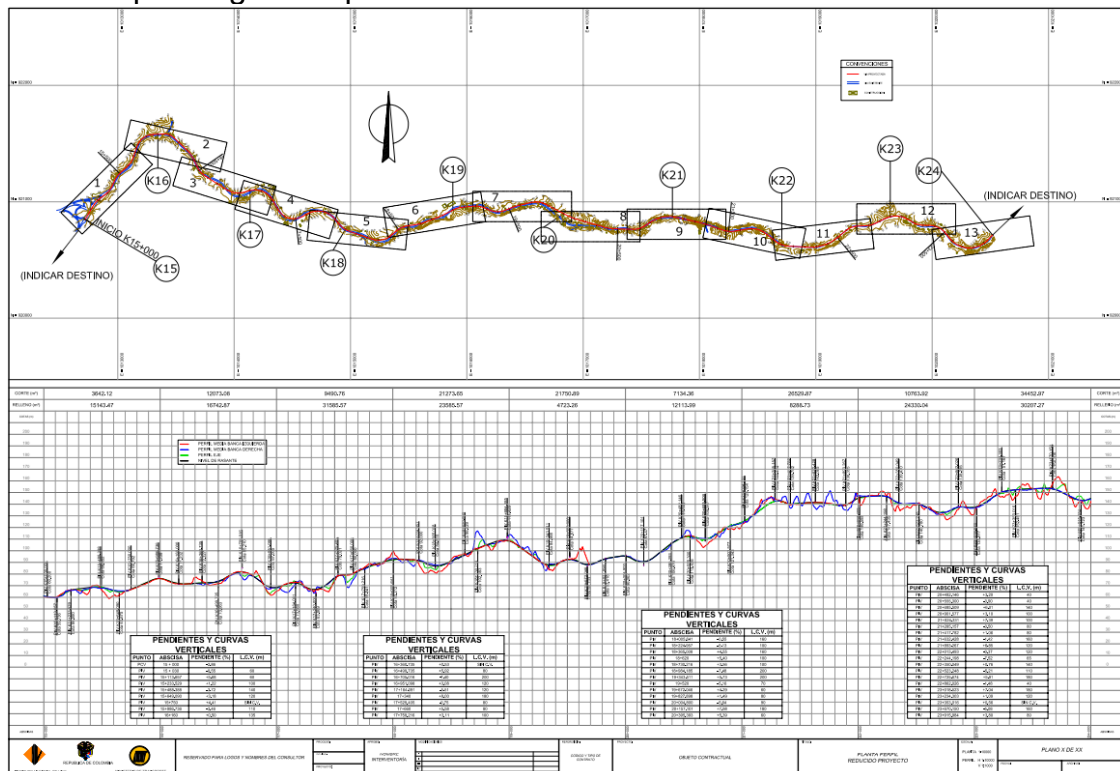
- ✓ Se presenta únicamente el eje de la vía diseñada, abscisado cada 100 m y resaltando el abscisado cada 1000 m
- ✓ Se debe detallar el índice o la distribución total de planos a escala 1:1000, para lo cual se dibujaron los recuadros con su respectiva numeración y orientación.

Perfil

- ✓ Se presenta la totalidad del perfil longitudinal con abscisado y cotas en las que se encuentra elevado.
- ✓ La totalidad del perfil se delimitará mediante una cuadrícula que contenga el abscisado general del proyecto.
- ✓ El perfil debe presentar las abscisas y cotas de los PIVs, pendientes de las tangentes verticales y longitudes de las curvas.
- ✓ También se debe presentar la franja de volúmenes de corte y relleno cada km.

En la siguiente imagen se presenta el esquema general de un plano de planta y perfil reducido presentado en el Manual De Diseño Geométrico INV-2008

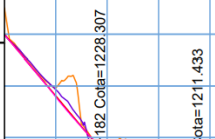
Figura 45 Esquema general plano Planta - Perfil reducido.



Fuente. Manual Diseño Geométrico INV-2008.

Figura 46 franja de volúmenes de corte y relleno presentados cada km

CORTE (m³)	7975.192	3883.578	3025.521	6039.437
RELLENO (m³)	169.702	402.9	249.062	1573.284
COTAS				
1240				
1230				



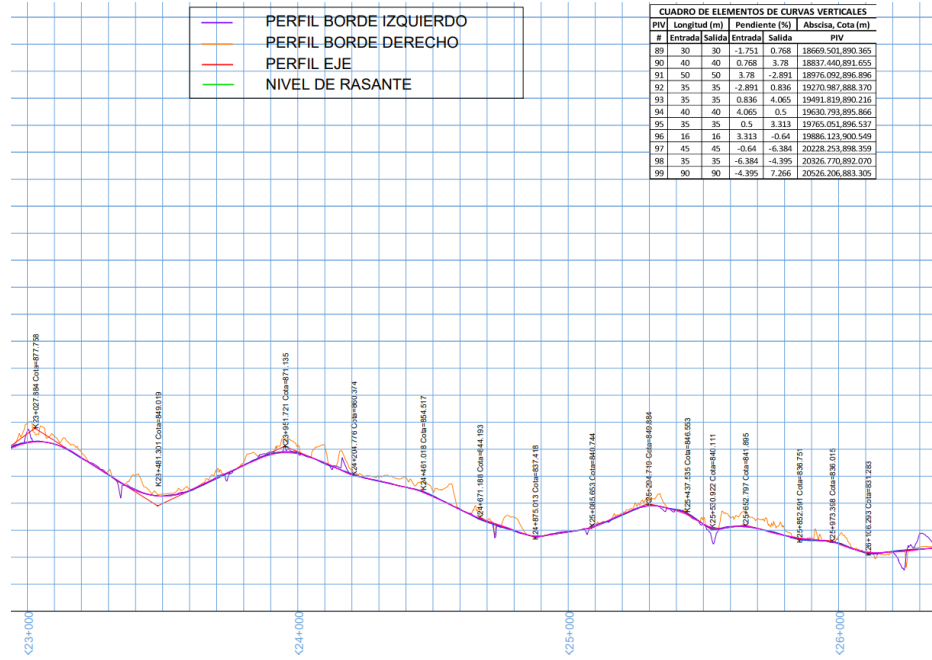
Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD

Figura 47 Índice o distribución de planos



Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD

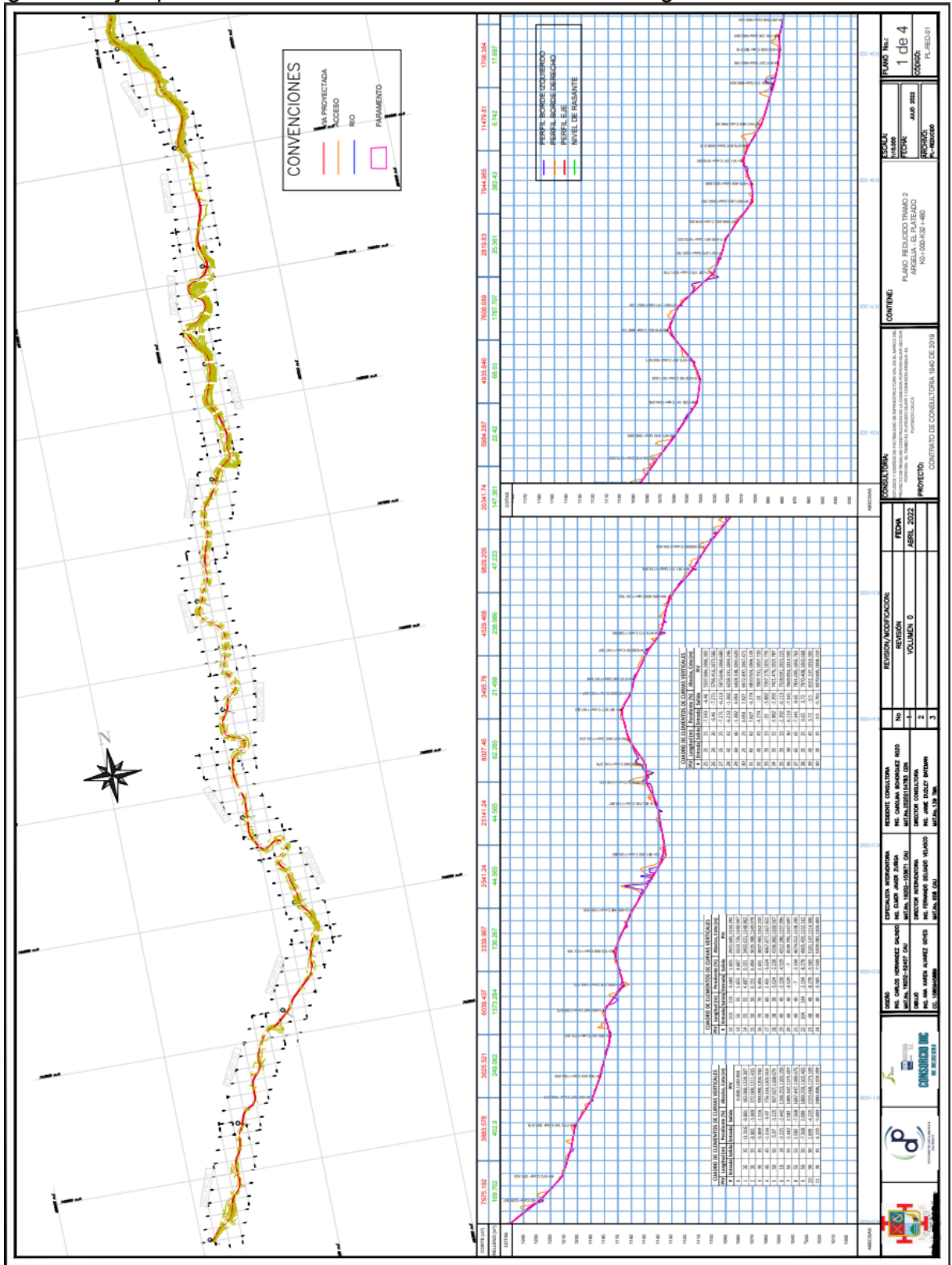
Figura 48 Información de perfil



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES					
PIV	Longitud (m)	Pendiente (%)		Abscisa, Cota (m)	
#	Entrada	Salida	Entrada	Salida	PIV
89	30	30	-1.751	0.768	18669.501, 890.365
90	40	40	0.768	3.78	18837.440, 891.655
91	50	50	3.78	-2.891	18976.092, 896.896
92	35	35	-2.891	0.836	19270.987, 888.370
93	35	35	0.836	4.065	19491.819, 890.216
94	40	40	4.065	0.5	19630.793, 895.866
95	35	35	0.5	3.313	19765.021, 896.337
96	16	16	3.313	-0.64	19886.123, 900.549
97	45	45	-0.64	-6.384	20228.253, 898.359
98	35	35	-6.384	-4.395	20326.770, 892.070
99	30	30	-4.395	7.266	20526.206, 883.305

Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD

Figura 49 Ejemplo Plano Planta - Perfil Reducido Tramo II Argelia - El Plateado



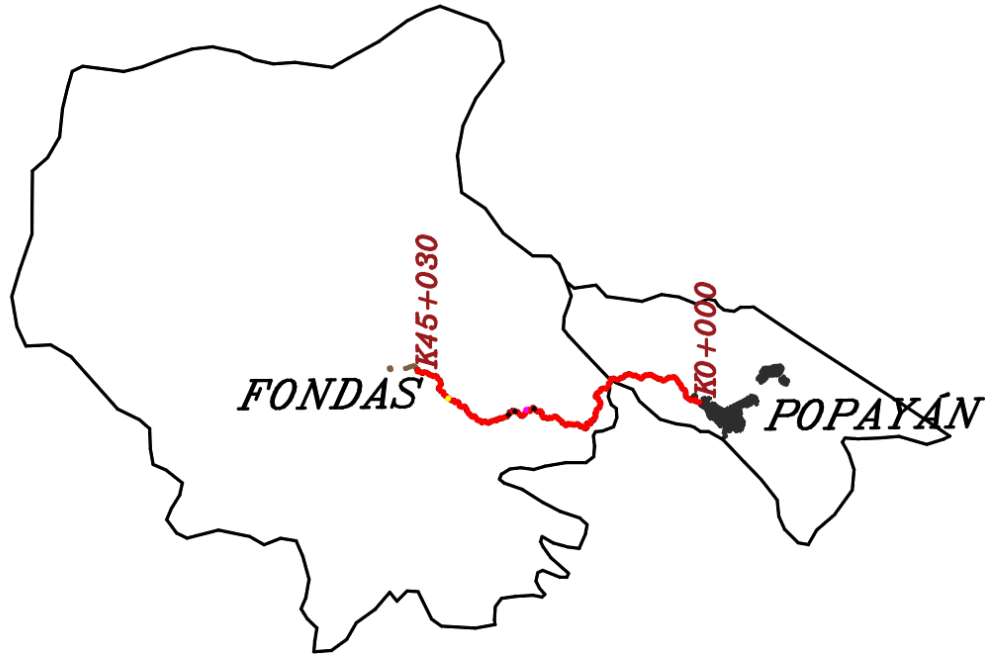
Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD.

8.12 ORGANIZACIÓN Y PRESENTACIÓN DE PLANO DE LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

El plano de localización como instrumento para mostrar la información georreferenciada del proyecto, en donde claramente se identifica la ubicación espacial del proyecto, la forma que se escogió para presentar el plano de localización, con aprobación del diseñador geométrico, conto con las principales vías de acceso, escala, linderos de los municipios y veredas, colindantes, coordenadas, municipios y departamentos.

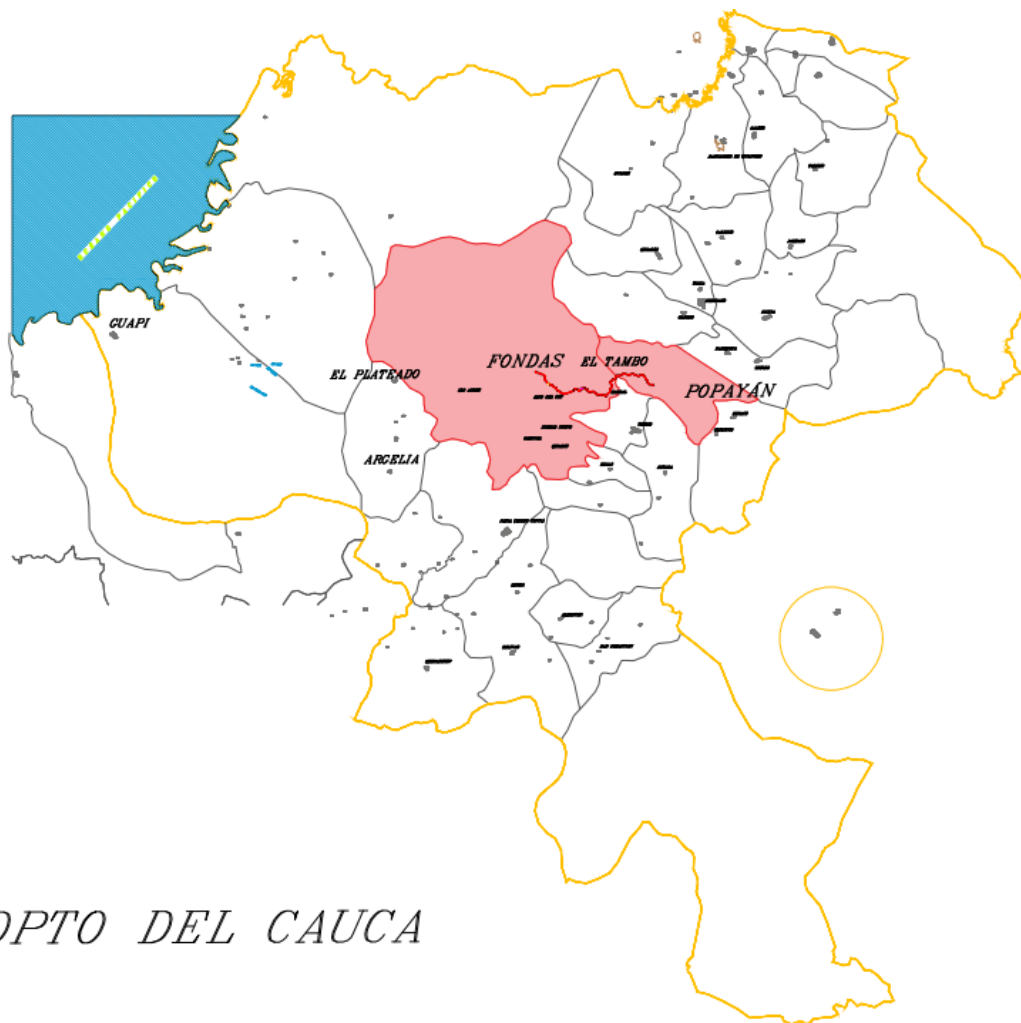
Para su presentación se escaló el mapa del departamento del Cauca, se georreferencio, y se procedió a copiar con coordenadas originales el eje de la vía del proyecto, tanto para el tramo I como el tramo II, superponiendo así el diseño de la vía sobre los municipios de influencia directa, el mapa del departamento del Cauca y así mismo este sobre el mapa de Colombia.

Figura 50 Vía sobrepuesta sobre el mapa de los municipios de influencia directa.



Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD

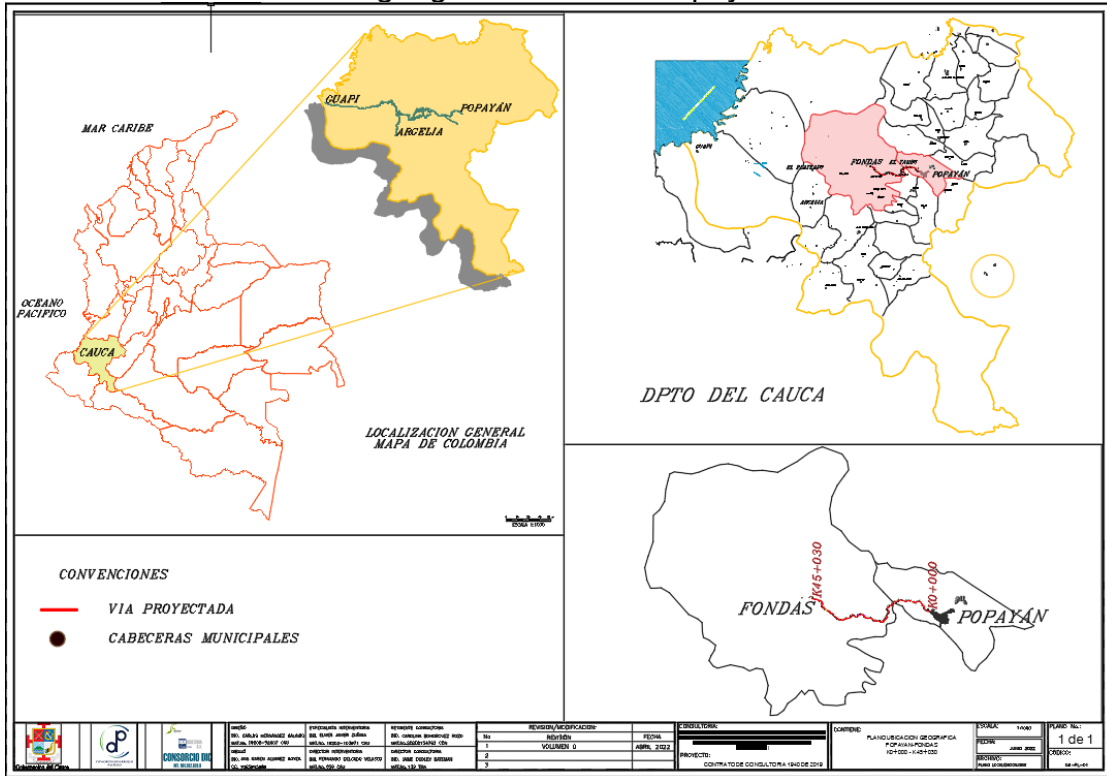
Figura 51 Vía sobrepuesta en el mapa del departamento del cauca



Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD

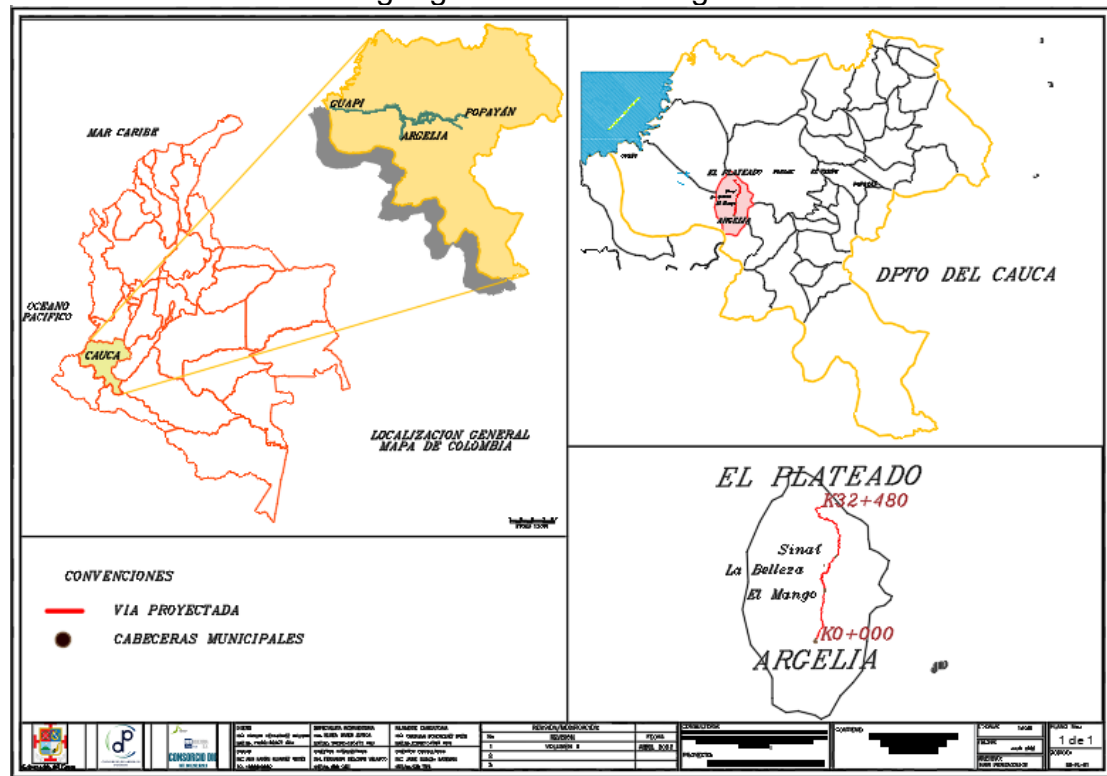
Por último, se organizó la marcheta y el plano en Layout en donde se crearon varias ventanas gráficas que se adecuaron como antes se menciona para su presentación.

Figura 52 Plano de localización geográfica Tramo I Popayán - Fondas



Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD

Figura 53 Plano de localización geográfica Tramo II Argelia – El Plateado.



Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD.

8.13 SEÑALIZACIÓN PRELIMINAR

Como anexo del Volumen II Trazado definitivo se requiere la señalización vial preliminar de los tramos, esta se desarrolló en el programa de Topo 3 que permite colocar algunas de las señales de tránsito requeridas para el buen funcionamiento de la vía y la demarcación horizontal.

Para la realización de esta actividad, el diseñador geométrico facilito los tramos en topo 3, en donde en la opción de Diseño de carreteras; Señalización vial y demarcación horizontal, se crearán automáticamente las coordenadas de ubicación de cada una de las señales y se generarán las polilíneas respectivas con la demarcación horizontal.

Figura 54 Opción Señalizar en Topo 3

The screenshot displays the 'SEÑALIZAR' (Signalize) option in the Topo 3 software. The interface includes a toolbar with 'SEÑALIZAR' and 'Reporte' buttons, and a 'DEMARCACION HORIZONTAL' section with a 'Ver Detalle' link. Below these are configuration options for signs and horizontal markings, and a table of vertical signs.

Configuración de Señales:

- Verticales: 1.Senales_Verticales
- Zonas de Sobrepasso: 1.Demarcacion_Horizontal_ZSP
- Zonas de NO Sobrepasso: 1.Demarcacion_Horizontal_ZNSP
- Barreras de Contención: 1.Barreras_Contencion
- Barandas de Puentes: 1.Barandas_Puentes

DEMARCACION HORIZONTAL (Ver Detalle):

Abscisa Inicial	Abscisa Final	Longitud (m)	Longitud Real (m)	Izquierda	Centro	Derecha
15,830	15,901	71,000	72,000	Segmentada		Continua
15,901	16,046	145,000	146,002	Continua		Continua
16,046	16,150	104,000	114,061	Continua		Segmentada
16,150	16,190	40,000	41,686	Continua		Continua
16,190	16,288	98,000	100,228	Segmentada		Continua
16,288	16,298	10,000	12,013	Continua		Continua
16,298	16,350	52,000	54,718	Continua		Segmentada
16,350	16,440	90,000	90,810	Continua		Continua
16,440	16,490	50,000	51,488	Segmentada		Continua
16,490	16,514	24,000	26,000	Continua		Continua
16,514	16,620	106,000	116,000	Continua		Segmentada
16,620	16,660	40,000	50,001	Continua		Continua

SEÑALES VERTICALES:

PI	Abscisa	Azimet	Velocidad Paso (km/h)	Código Señal	Descripción	Valor	Lado (DI)	N	E	Cota
1	15,830	188		SP-03	Curva Pronunciada		D	754274.973	983473.567	914.596
	15,830	188		SR-26	Prohibido Adelantar		D	754274.973	983473.567	914.596
	15,830	188	40	SR-30	Velocidad Maxima		D	754274.973	983473.567	914.596
2	15,984	144		SP-01	Curva Peligrosa		D	754317.789	983616.801	914.800
2	16,044	136		Delineador	Delineadores de		D	754354.378	983665.005	915.145
2	16,056	129		Delineador	Delineadores de		D	754363.774	983673.318	915.090
2	16,068	121		Delineador	Delineadores de		D	754374.245	983680.136	914.970
	16,150	113		SR-26	Prohibido Adelantar		D	754449.835	983712.979	912.801
3	16,196	113		SP-04	Curva Pronunciada		D	754492.255	983730.770	909.838
	16,350	149		SR-26	Prohibido Adelantar		D	754609.041	983820.405	901.906
4	16,418	149		SR-03	Curva Pronunciada		D	754644.011	983878.724	902.627
	16,620	93		SR-26	Prohibido Adelantar		D	754812.028	983964.318	903.660
5	16,680	93		SP-02	Curva Peligrosa		D	754871.954	983967.310	903.362
	16,850	124		SR-26	Prohibido Adelantar		D	755023.681	984027.220	902.571
	17,006	148		SR-26	Prohibido Adelantar		D	755141.548	984124.551	908.747
	17,070	149		SR-26	Prohibido Adelantar		D	755175.009	984179.115	912.307
	17,270	159		SR-26	Prohibido Adelantar		D	755275.997	984349.103	924.428
	17,470	143		SR-26	Prohibido Adelantar		D	755367.502	984526.384	924.713
10	17,532	143		SP-09	Curva y Contracurva		D	755405.138	984575.654	924.099
	17,800	157		SR-26	Prohibido Adelantar		D	755596.595	984743.215	921.020
	17,830	157	40	SR-30	Velocidad Maxima		D	755608.461	984770.789	920.369
12	17,858	157		SP-03	Curva Pronunciada		D	755619.076	984796.883	919.546
14	18,297	31		SP-05	Curva y Contracurva		D	755950.722	984783.644	907.331
	18,348	29		SP-27	Descenso Peligroso		D	755978.727	984739.588	904.746
17	18,559	105		SP-04	Curva Pronunciada		D	756050.860	984591.714	892.544
	18,756	138		SR-26	Prohibido Adelantar		D	756195.807	984707.886	891.014
20	18,872	142		SP-05	Curva y Contracurva		D	756276.731	984790.102	892.957
23	19,359	155		SP-03	Curva Pronunciada		D	756628.946	984893.249	889.071
24	19,548	96		SP-03	Curva Pronunciada		D	756765.036	985011.195	892.416
25	19,674	49		SP-01	Curva Peligrosa		D	756885.031	984983.512	896.113
24	19,716	46		Delineador	Delineadores de		D	756916.655	984955.503	896.314
24	19,728	40		Delineador	Delineadores de		D	756925.027	984946.362	896.374

Fuente. Elaboración propia con base en el software Topo 3

Al señalar en el reporte se mostrarán las cantidades a detalle, la ubicación, el código de la señal, descripción, también un resumen de las señales verticales y la demarcación horizontal.

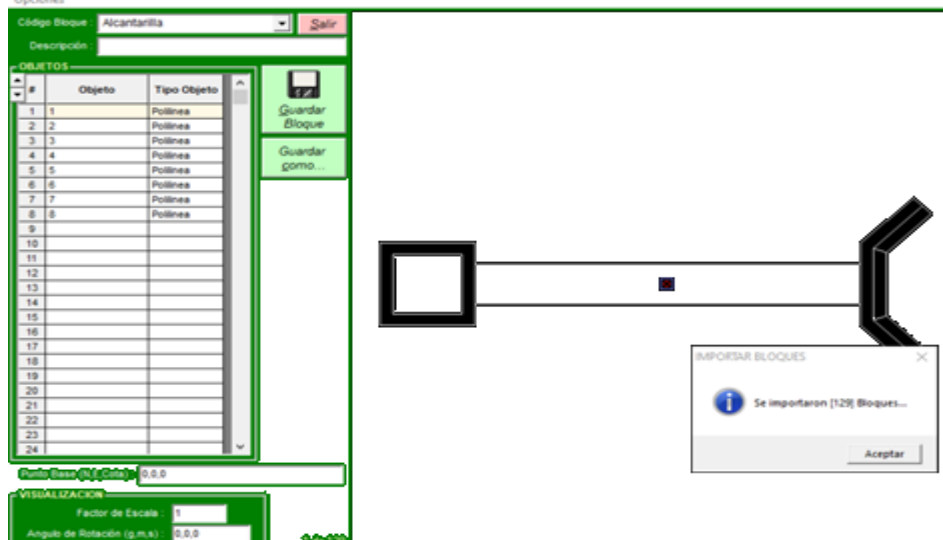
Figura 55 Reporte cantidades de señalización en Topo 3.

SEÑALES VERTICALES											
PI	Abscisa	PR	Azimet	Velocidad Paso (km/h)	Código Señal	Descripción	Valor	Lado (D/I)	N	E	Cota
1	15,830	15,830	188	40	SP-03	Curva Pronunciada Izquierda	D	754274.973	983473.567	914.596	
	15,830	15,830	188		SR-26	Prohibido Adelantar	D	754274.973	983473.567	914.596	
	15,830	15,830	188		SR-30	Velocidad Maxima	D	754274.973	983473.567	914.596	
2	15,984	15,984	144	2	SP-01	Curva Peligrosa Izquierda	D	754317.769	983616.801	914.800	
	16,044	16,044	136		Delineador	Delineadores de Curva Horizontal	D	754354.378	983665.005	915.145	
2	16,056	16,056	129	2	Delineador	Delineadores de Curva Horizontal	D	754363.774	983673.318	915.090	
	16,068	16,068	121		Delineador	Delineadores de Curva Horizontal	D	754374.245	983680.136	914.970	
3	16,150	16,150	113	3	SR-26	Prohibido Adelantar	D	754449.835	983712.979	912.801	
	16,196	16,196	113		SP-04	Curva Pronunciada Derecha	D	754492.255	983730.770	909.838	
	16,350	16,350	149		SR-26	Prohibido Adelantar	D	754609.041	983820.405	901.906	
4	16,418	16,418	149	4	SP-03	Curva Pronunciada Izquierda	D	754644.011	983878.724	902.627	
	16,620	16,620	93		SR-26	Prohibido Adelantar	D	754812.028	983964.318	903.660	
	16,680	16,680	93		SP-02	Curva Peligrosa Derecha	D	754871.954	983967.310	903.362	
5	16,850	16,850	124	5	SR-26	Prohibido Adelantar	D	755023.681	984027.220	902.571	
	17,006	17,006	148		SR-26	Prohibido Adelantar	D	755141.548	984124.551	908.747	
	17,070	17,070	149		SR-26	Prohibido Adelantar	D	755175.009	984179.115	912.307	
	17,270	17,270	159		SR-26	Prohibido Adelantar	D	755275.997	984349.103	924.428	
	17,470	17,470	143		SR-26	Prohibido Adelantar	D	755367.502	984526.384	924.713	
	17,532	17,532	143		SP-09	Curva y Contracurva Pronunciadas (Izquierda-Derecha)	D	755405.138	984575.654	924.095	
	17,800	17,800	157		SR-26	Prohibido Adelantar	D	755596.595	984743.215	921.020	
10	17,830	17,830	157	40	SR-30	Velocidad Maxima	D	755608.461	984770.769	920.369	
	17,858	17,858	157		SP-03	Curva Pronunciada Izquierda	D	755619.076	984796.683	919.546	
14	18,297	18,297	31	14	SP-05	Curva y Contracurva Peligrosas (Izquierda-Derecha)	D	755950.722	984783.644	907.331	
	18,348	18,348	29		SP-27	Descenso Peligroso	D	755976.727	984739.568	904.746	
17	18,559	18,559	105	17	SP-04	Curva Pronunciada Derecha	D	756050.860	984591.714	892.544	
	18,756	18,756	138		SR-26	Prohibido Adelantar	D	756195.807	984707.686	891.014	
20	18,872	18,872	142	20	SP-05	Curva y Contracurva Peligrosas (Izquierda-Derecha)	D	756276.731	984790.102	892.957	
	19,359	19,359	155		SP-03	Curva Pronunciada Izquierda	D	756628.946	984893.249	889.071	
24	19,548	19,548	96	24	SP-03	Curva Pronunciada Izquierda	D	756765.036	985011.195	892.416	
	19,674	19,674	49		SP-01	Curva Peligrosa Izquierda	D	756885.031	984983.512	896.113	
24	19,716	19,716	46	24	Delineador	Delineadores de Curva Horizontal	D	756916.655	984955.503	896.314	
	19,728	19,728	40		Delineador	Delineadores de Curva Horizontal	D	756925.027	984946.362	896.374	
24	19,740	19,740	32	24	Delineador	Delineadores de Curva Horizontal	D	756932.240	984936.079	896.443	
	19,752	19,752	24		Delineador	Delineadores de Curva Horizontal	D	756937.856	984924.946	896.564	
26	19,790	19,790	18	40	SP-02	Curva Peligrosa Derecha	D	756950.218	984888.619	897.238	
	19,830	19,830	18		SR-30	Velocidad Maxima	D	756962.536	984850.625	898.654	
	20,000	20,000	107		SR-26	Prohibido Adelantar	D	757103.578	984841.682	899.820	
	20,070	20,070	108		SR-26	Prohibido Adelantar	D	757170.385	984862.124	899.404	
	20,268	20,268	110		SP-27	Descenso Peligroso	D	757355.896	984926.814	895.939	
	20,300	20,300	121		SP-03	Curva Pronunciada Izquierda	D	757383.932	984940.569	893.918	
	20,440	20,440	82		SR-26	Prohibido Adelantar	D	757519.287	984968.310	887.274	
31	20,512	20,512	82	31	SP-05	Curva y Contracurva Peligrosas (Izquierda-Derecha)	D	757590.611	984958.471	885.804	
	20,570	20,570	75		Delineador	Delineadores de Curva Horizontal	D	757648.406	984949.531	887.183	
30	20,581	20,581	65	30	Delineador	Delineadores de Curva Horizontal	D	757659.321	984945.472	887.696	
	20,592	20,592	55		Delineador	Delineadores de Curva Horizontal	D	757669.354	984939.492	888.277	
30	20,603	20,603	44	30	Delineador	Delineadores de Curva Horizontal	D	757678.128	984931.782	888.943	
	20,614	20,614	34		Delineador	Delineadores de Curva Horizontal	D	757685.350	984922.602	889.686	

Fuente. Elaboración propia con base en el software Topo 3

Un paso importante es importar los bloques, en la opción modificar; bloques, se seleccionan todos los ítems y se importan, esto con el fin de que al señalizar aparezcan los bloques de señales en el diseño. Cuando se haya hecho la señalización y su respectivo chequeo y organización se exporta a AutoCAD en donde se hacen las últimas modificaciones para mejorar su presentación.

Figura 56 Importar bloques de señales en Topo 3.



Fuente. Elaboración propia con base en el software Topo 3

Al exportar y organizar la información de topo 3 tenemos, los cuadros resumen de cantidades de señalización y el tramo señalado, en este caso como ejemplo tenemos el tramo II Argelia – El Plateado, cabe resaltar que se hizo el mismo procedimiento para los dos tramos.

Tabla 36 Resumen de cantidades de señales verticales.

CANTIDAD SEÑALES VERTICALES K0+000 – K16+000		
Código Señal	Descripción	Cantidad
SP-01	Curva Peligrosa Izquierda	7
SP-02	Curva Peligrosa Derecha	7
SP-03	Curva Pronunciada Izquierda	21
SP-04	Curva Pronunciada Derecha	21
SP-05	Curva y Contracurva Peligrosas (Izquierda-Derecha)	8
SP-06	Curva y Contracurva Peligrosas (Derecha-Izquierda)	10
SP-07	Curvas Sucesivas Primera Izquierda	3
SP-08	Curvas Sucesivas Primera Derecha	3
SP-10	Curva y Contracurva Pronunciadas (Derecha-Izquierda)	6
SP-27	Descenso Peligroso	10
SR-26	Prohibido Adelantar	61
SR-30	Velocidad Máxima	18
Delineador	Delineadores de Curva Horizontal	171

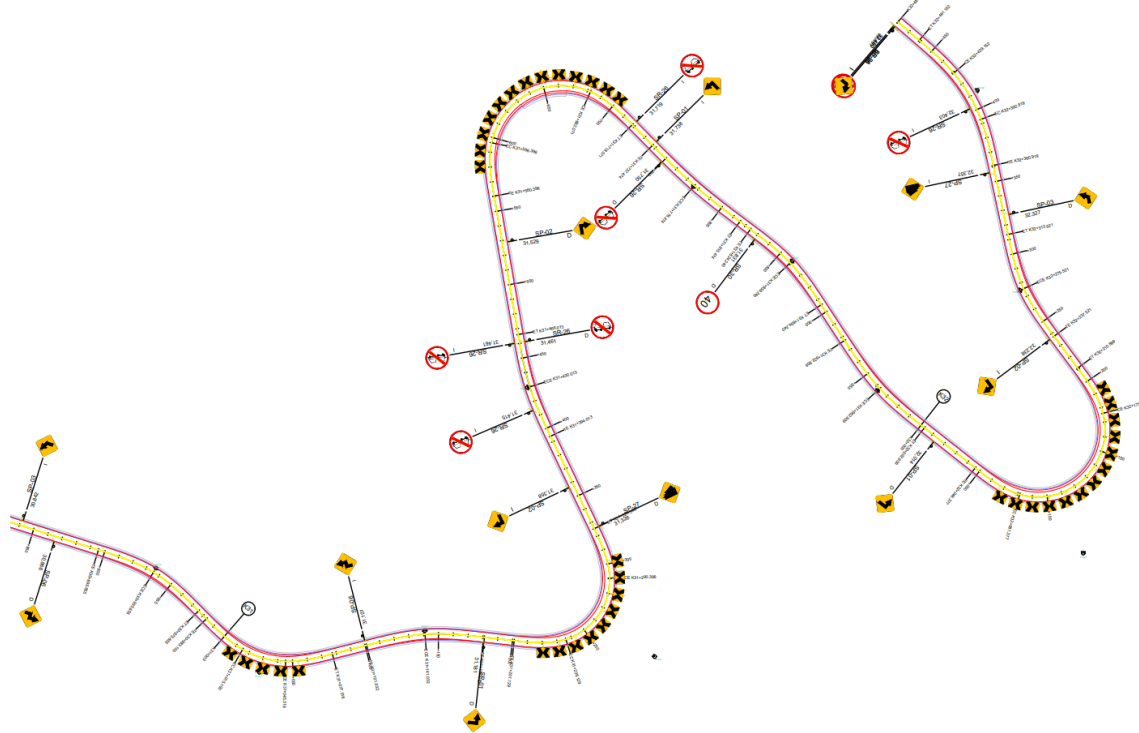
Fuente. Elaboración propia con base en el software Excel.

Tabla 37 Resumen de cantidades de demarcación horizontal.

CANTIDAD SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL K0+000 -K16+000	
Total, Línea Segmentada Amarilla:	3999.926
Total, Línea Continua Amarilla:	28637.898
Total, Línea Continua Blanca (Borde Pavimento):	32787.874

Fuente. Elaboración propia con base en el software Excel.

Figura 57 Ejemplo de señalización tramo Argelia - El Plateado K30+000 – K32+480



Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD

Se detalla el tramo en su totalidad en el archivo de AutoCAD, en los anexos de este documento.

9. COMENTARIOS FINALES

Se atendieron observaciones que le hicieron al volumen de diseño geométrico por parte de la interventoría que fueron ajustadas por mi persona y encaminadas por el diseñador del proyecto.

Entre las observaciones realizadas se solicitó trabajar sobre la topografía actualizada y corregida. Por lo cual se volvió a referenciar todo el proyecto del tramo mejoramiento vial Popayán - Fondas sobre la topografía actualizada, en donde se incluían las batimetrías y se añadieron los nombres de ríos.

También se solicitó presentar planos definitivos de secciones Transversales, por lo cual, con la última versión del diseño entregada por el ingeniero Adrián Benavides diseñador de los tramos de la referencia se procedió a realizar los planos de todas las secciones transversales para el tramo Popayán – Fondas y el Tramo Argelia – El Plateado.

Se requirió que en planta y perfil se debía organizar las ecuaciones de empalme de los ejes existentes de la calle 5 con los nuevos ejes del diseño Popayán – Fondas, lo cual se realizó y se evidencia en la siguiente figura.

Figura 58 Ecuación de empalme sobre el plano en Planta



Fuente. Elaboración propia con base en el software AutoCAD

10. CONCLUSIONES

- Se llevaron a cabo las labores a realizar, encaminadas por el coordinador, se atendieron y comprendieron de manera correcta a medida del desarrollo de la práctica profesional.
- En el desarrollo de la práctica profesional se buscó dar cumplimiento a los objetivos establecidos dentro del presente trabajo de grado; los cuales buscaban contribuir y aportar desde mis conocimientos en el desarrollo técnico y administrativo que se desarrolla en la empresa, encaminado en la ejecución de proyectos viales como una de sus actividades principales.
- El desarrollo práctico de la ingeniería civil dentro de la empresa forjó en gran medida mis conocimientos en el desarrollo de proyectos viales, pues la fase de diseños requiere de mucha responsabilidad, ya que este tipo de proyectos permiten generar un cambio significativo de las condiciones de vida de toda una sociedad. El desarrollo práctico también me permitió tener una concepción más clara de todos los requisitos que se deben tener en este tipo de proyectos, para que su organización se haga de manera adecuada y contengan lo necesario en cuanto; a los requerimientos de diseño geométrico, señalización vial, ubicación de obras hidráulicas y obras de contención, entre otros, para que estos puedan ser ejecutados bajo unas condiciones técnicas correctas.
- Se consiguió brindar satisfactoriamente el apoyo solicitado por la empresa C&H INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.S para cumplir con los requisitos de la entrega del volumen definitivo, dentro de la ejecución de mis actividades, pude contribuir con la organización y entrega del Volumen II Trazado Diseño Geométrico de los tramos viales; Popayán - Fondas y Argelia - El Plateado; en la cual se destacan las actividades de organizar y dibujar los sondeos y apiques, organizar los bloques de inventario hidráulico como alcantarillas y Boxculvert, así mismo dibujo de obras de contención como muros y el diseño en el programa Topo 3 de toda la señalización horizontal y vertical con sus respectivos informes de cantidades.

BIBLIOGRAFÍA

AGUDELO, John Jairo. Diseño Geométrico de vías ajustado al manual colombiano. Medellín. 2002.

CONSORCIO DESARROLLO PACÍFICO. Vol. III Geología y Geomorfología. 2022.

CONSORCIO DESARROLLO PACÍFICO. Vol. V Hidrología E Hidráulica. 2022.

CONSORCIO DESARROLLO PACÍFICO. Vol. I Tránsito y transporte. 2022.

CONSORCIO DESARROLLO PACÍFICO. Vol. II Trazado Definitivo con Topografía De Detalle. 2022.

C&H INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.S. Estructura organizacional. (08 de mayo de 2023). 2023, 1p. (en línea). (consultada: 08 de mayo de 2023). Disponible en la dirección electrónica: www.cyhingenieria.com

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. (08 de mayo de 2023). 2023, 1p. (en línea). (consultada: 08 de mayo de 2023). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. 2008. Disponible en la dirección electrónica: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/proyectos-denorma/11313-manual-de-diseno-geometrico-de-carreteras-2008>

SÁNCHEZ, J. Propuesta de términos de referencia para autorización ambiental de zonas de disposición de material de excavación zodmes. 2018. (08 de mayo de 2023). (en línea). (consultada: 08 de mayo de 2023). Disponible en la dirección electrónica: https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2568/1/TGT_1167.pdf.

SOLANO, E. Topo3. Software para cálculos topográficos, volúmenes y diseño geométrico de vías. 2019. (08 de mayo de 2023). (en línea). (consultada: 08 de mayo de 2023). Disponible en la dirección electrónica: <https://drive.google.com/file/d/1ExxFQZvxdtOHQYdhvt4kzN6D4UI49Lpr/view>

UNIVERSIDAD DEL CAUCA. Acuerdo No. 027 de 2012, sobre reglamentación del trabajo de grado en los pregrados. (08 de mayo de 2023). (en línea). (consultada: 08 de mayo de 2023). Disponible en la dirección electrónica: <http://portal.unicauca.edu.co/versionP/documentos/acuerdos/acuerdo-no-027-de2012>

11. ANEXOS

11.1 ANEXO A

A continuación, se presenta el listado de los diferentes comandos aprendidos durante el desarrollo de la práctica profesional, aquí se incluyen comandos y acciones de los programas AutoCAD, AutoCAD Civil 3D y Topo3.

ESCALAR EN LAYOUT (AutoCAD Y Civil 3D)

Crear ventana gráfica (viewports) Doble clic dentro de la ventana "Zoom" y enter [1000/ "escala"] xp y enter

El primer número siempre es 1000 para planos de vías

ROTAR UN CUADRO EN LAYOUT

"UCS"

Selecciona una esquina del cuadro en model y selecciona un punto en el que quiere girar el eje X o Y.

Deja el cursor entre los ejes y enter. "PLAN" y enter.

Este giro queda hecho solo para la ventana donde se ubica el cuadro

CONVERTIR DE CIVIL A AUTOCAD

"Export"

>Export civil 3d drawing (sólo se deja marcado el model)

>Buscar la ubicación.

>Export.

CONVERTIR DE CIVIL A TOPO 3

"Output"

>Convert landxml (sólo se deja marcado el model)

>Save file.

>Copy file.

>Paste file (En topo 3 se cargan los alineamientos y se depura)

COPIAR OBJETOS EN COORDENADAS ORIGINALES

Seleccionar objetos Ctrl+shift+c

"0,0,0" y enter.

Ctrl+v

"0,0,0" y enter.

FONDO BLANCO

"WIPEOUT "

Mandar todo atrás hasta que el cuadro quede bien

INSERTAR NUBE DE PUNTOS EN CIVIL 3D

En Excel [Punto. Este. Norte. Cota. Descripción (PENZD) *Sólo los datos*] Guardar como: **csv** (delimitado por comas)

En civil 3D

>Points

>Home points

>Points creations tools (ir al último ícono > "Importar points") Agregar archivos: cvs > Open

Escoger (PENZD) > Ok

Doble clic con el scroll en el espacio para que aparezca la gráfica.

>Points

>Points groups

>All points (click derecho)

>Properties

>Point label style: Description only (Identificador y texto: 0.7 mm).

RUTINA PARA GENERAR VARIOS BLOQUES

Para cargarla

>Appload en el menú de comandos

>Contenido

>Añadir (seleccionar el archivo **lps**)

>Cerrar

Para ejecutarla

*Al momento de crear el bloque activar la opción **Designar punto*** y seleccionar el punto base del bloque.

>En la barra de comandos escribir el nombre del **lisp**. (pt2block)Nombre del bloque:

Escala:

Ángulo de rotación:

>Seleccionar los elementos de manera masiva.

RUTINA PARA MONTAR GRILLA DE COORDENADAS

Para cargarla

>Appload en el menú de comandos.

>Contenido.

>Añadir (seleccionar el archivo **lps**)

>Cerrar.

Para ejecutarla

"CND"

>Aceptar

>Seleccionar la ventana

>Ingresar la escala directamente (si es 1:1000 ingresar 1000 de una)

> "Enter" hasta que aparezca.

REFERENCIA EXTERNA

“XATTACH”

Los dos archivos deben tener las mismas unidades

Y pegar con punto base “0,0,0 enter” si desea pegar en coordenadas originales

CREAR ALINEAMIENTO

“ALIGNAMENT”

>Alignment creation tools

>Name:

Alignment style: “cgp alignment” Alignment label set: “cgp labels cd o ci”

Tangent-tangent (no curves)

(Alineamiento recto sin diseño de vías) Tangent-tangent (with curves)

(Alineamiento para diseño de vías) Clic (Ícono punto línea punto)

>Se dibuja el alineamiento

ASIGNAR ALINEAMIENTO A UN OBJETO

“ALIGNAMENT”

>Create alignment from objects

>*Seleccionar la línea*

“Click derecho”: si está bien el sentido “enter”, sino “reverse” En el cuadro de diálogo:

Name:

Alignment style: “cgp alignment” Alignment label set: “cgp labels cd ó ci”

Desmarcar

Add curves between tangets default radios (En caso de diseño)

Trase existing add curves between tangets default radios (En caso de diseño) Trase existing entities

SACAR EL PERFIL DE UN ALINEAMIENTO

“PROFILE”

>Create Surface profile (Seleccionar el alineamiento)

>Add

>Draw in profile view (todo siguiente)

>Create profile view.

AJUSTAR TAMAÑO EN LAYOUT

CTRL + P

Seleccionar impresora

>Properties

>Custom properties

>Personalizado – Tamaño en mm

>Ok – ok – ok

>Aply to layout

UCS (GIRAR EL PLANO EN LA VENTANA GRÁFICA)

“UCS”

- >Seleccionar un punto
- >Indicar el eje x
- >Dejar el cursor en medio de X y Y.
- Enter "PLAN"
- Enter

ESCALA DE VENTANA GRÁFICA A MODEL

- En layout
- >Dibujar un rectángulo encima de la ventana gráfica
- >Modify
- >Change space
- >Seleccionar el rectángulo "enter"
- >Poner el cursor dentro del rectángulo "enter"

MOSTRAR MÁS HERRAMIENTAS

- A la derecha "clic derecho" en el espacio vacío entre las herramientas.
- >AutoCAD
- >*Indicar las que se necesitan*

OBTENER COTAS DE PUNTOS EN TOPO3

- Listado de abscisas
- >Copiar las abscisas que caben en el diseño (ctrl+c)
- >Diseño de carreteras
- >Diseño de la sección transversal del eje de la vía
- >Abscisas adicionales
- >Pegar (ctrl+v)
- >Diseño de carreteras
- >Cálculo de secciones transversales (si se lleva al perfil, darle cuadro con chulito para guardarlo)
- >Repite la opción anterioren el cuadro de diálogo
- *Marcar* área promedio ancho
- >Aceptar
- >Ver las secciones trans (exportar a AutoCAD) En logo de dwg
- Sólo marcar la última casilla de: abscisas ...
- *Marcar* distribución de secciones automática
- *No marcar* distribución por grupos (se ordena a mano)
- *No marcar* distribución óptima (la adecúa para que quede bien al plotear)
- >Anchos secciones transversalesMin: 100 m
- Máx.: 100 m
- Pegar las abscisas otra vezEn informes
- >Coordenadas eje *marcar* sin
- Ahí aparecen las cotas del terreno (cota) y la cota real dondequedará la rasante de la vía (cota roja eje)

ALINEAR UN CUADRO

“ALIGN”

>Seleccionar un punto del elemento.

>Seleccionar el punto donde se quiere llevar.

>Seleccionar el otro punto.

RECORTAR TODOS LOS ELEMENTOS DE UN LADO DE UNA LÍNEA

“EXTRIM”

Seleccionar la línea donde se va a cortar luego indicar el lado de donde se desea recortar

PDF

“PUBLISH” para sacar los pdf y revisar si la ventana está bien en el tamaño

>En options: seleccionar ubicación y seleccionar (multi-sheet files)

11.2 ANEXO B

Anexo 1. Carteras de diseño

Anexo 2. Planos Planta – Perfil

Anexo 3. Secciones Transversales

Anexo 4. Planos Reducidos

Anexo 5. Planos Localización

Anexo 6. Señalización