

**MEJORAMIENTO VIAL DE LA CALLE 26 EN LOS TRAMOS COMPRENDIDOS ENTRE
LAS CARRERAS 17 Y 18 Y LAS CARRERAS 19 Y 23 DEL MUNICIPIO DE PAIPA,
BOYACÁ**

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 195 DE 2025

DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL

PROYECTO ELABORADO PARA:

MUNICIPIO DE PAIPA



NIT: 900446925-7



Contactos:

Tel: (038) 747 4417

Cel: 318 683 5421 / 312411 3265

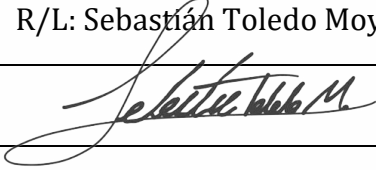
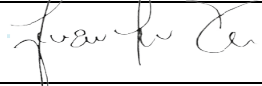
Calle 43 # 8a - 06 Tunja - Boyacá

www.appcontrolingenieria.com

LISTA DE CONTROL DE CAMBIOS

PROYECTO:	MEJORAMIENTO VIAL DE LA CALLE 26 EN LOS TRAMOS COMPRENDIDOS ENTRE LAS CARRERAS 17 Y 18 Y LAS CARRERAS 19 Y 23 DEL MUNICIPIO DE PAIPA, BOYACÁ
LOCALIZACIÓN:	MUNICIPIO DE PAIPA
No INTERNO:	INF-DISGEO
AREA:	DISEÑO GEOMÉTRICO

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

	CONSULTORÍA	SUPERVISOR
CONTRATISTA	APP CONTROL INGENIERIA SAS R/L: Sebastián Toledo Moya	JORGE EDWIN LÓPEZ TORRES Secretario de Infraestructura Pública y Movilidad
FIRMA		
FECHA		

REVISIONES

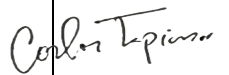
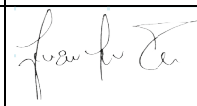
ESTADO	NOMBRE	FECHA	FIRMA
ELABORÓ	Carlos Gabriel Tapias Montañez		
Vo.Bo. Supervisor	JORGE EDWIN LÓPEZ TORRES Secretario de Infraestructura Pública y Movilidad		

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1. INTRODUCCIÓN	7
2. CAPITULO I GENERALIDADES	8
2.1 Objetivo General	8
2.1.1 Objetivos Específicos	8
2.2 Ubicación Geográfica	9
2.3 Localización de la zona de estudio	10
2.4 Alcance	11
2.5 Limitaciones	11
2.6 Recopilación de la información	11
3. CAPITULO II CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO	12
3.1 CLASIFICACIÓN DE LA VÍA	12
3.1.1 Según su funcionalidad	12
3.1.2 Según el tipo de terreno	12
3.2 VELOCIDAD DE DISEÑO	12
3.3 VEHÍCULO DE DISEÑO	13
3.4 DISTANCIAS DE VISIBILIDAD	14
3.4.1 Distancia de visibilidad de parada	15
3.4.2 Distancia de visibilidad de adelantamiento (Da)	16
4. DISEÑO EN PLANTA DEL EJE DE LA CARRETERA	18
4.1 CURVAS HORIZONTALES	18
4.1.1 Empalme circular simple	18
4.1.2 Relación entre la Velocidad Específica de la curva horizontal (V_{CH}), el Radio de curvatura (R_c) y el Peralte (e)	19
5. DISEÑO EN PERFIL DEL EJE DE LA VÍA	22
5.1 TANGENTE VERTICAL	22

5.1.1	Pendientes y longitudes	22
5.2	CURVAS VERTICALES	22
5.2.1	Tipos de curvas verticales empleadas	22
5.2.2	Descripción y cálculo de los elementos geométricos	23
6.	DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL	25
6.1	SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA	25
7.	VOLÚMENES Y CANTIDADES	26
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	27
ANEXO 1.	CARTERA DE PI DEL ALINEAMIENTO	29
ANEXO 2.	CARTERA DE COORDENADAS Y DIRECCIÓN DEL EJE	30
ANEXO 3.	PIV PERFIL	31
ANEXO 4.	CÁLCULOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL	32
ANEXO 5.	CÁLCULOS DEL ALINEAMIENTO VERTICAL	33
ANEXO 6.	CÁLCULOS DE CUBICACIÓN O MOVIMIENTO DE TIERRAS	34
ANEXO 7.	CÁLCULOS DE CUBICACIÓN POR MATERIAL	35

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Ubicación y longitud del tramo.....	10
Tabla 2. Dimensiones del vehículo de diseño.....	13
Tabla 3. Distancias de visibilidad en tramos a nivel.	15
Tabla 4. Distancias de visibilidad en tramos con pendientes.....	16
Tabla 5. Distancia de visibilidad de adelantamiento.	17
Tabla 6. Coeficiente de fricción transversal máxima.....	20
Tabla 7. Radios mínimos de peralte máximo del 6.0% y Fmax.	21
Tabla 8. Características geométricas sección transversal	25
Tabla 9. Cálculo de cantidades.....	26

CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

TABLA DE ESQUEMAS

Esquema 1 Ubicación Geográfica – Municipio de Paipa	9
Esquema 2 Localización proyecto.....	10
Esquema 3 Dimensiones y trayectorias de giro para Camión Categoría 2.....	14
Esquema 4 Elementos de la curva vertical simétrica	23
Esquema 5 Sección transversal típica N°1.	25



1. INTRODUCCIÓN

El presente componente técnico desarrolla el Diseño Geométrico Vial para el proyecto que tiene por objeto **“MEJORAMIENTO VIAL DE LA CALLE 26 EN LOS TRAMOS COMPRENDIDOS ENTRE LAS CARRERAS 17 Y 18 Y LAS CARRERAS 19 Y 23 DEL MUNICIPIO DE PAIPA, BOYACÁ”**, bajo los lineamientos del MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS del INVIAS (2008), adoptado oficialmente por el Ministerio de Transporte a través de la Resolución 000744 del 04 de marzo de 2009. Adicionalmente, se contemplan las disposiciones de la Resolución 20213040041135 del 13 de septiembre de 2021, que reglamenta las Condiciones Especiales de Diseño Geométrico, permitiendo ajustes técnicos justificados en casos donde factores topográficos, geológicos, ambientales o socioeconómicos impidan el cumplimiento estricto de los parámetros generales, garantizando siempre la viabilidad y seguridad de la infraestructura.

La ingeniería de detalle integra la información de la cartera topográfica con el diseño de la estructura de pavimento para definir la geometría de los corredores mediante la determinación de alineamientos horizontales, perfiles longitudinales y el modelado de secciones transversales típicas. El diseño garantiza la consistencia de la velocidad específica y el cumplimiento de los radios de curvatura mínimos, priorizando criterios de seguridad, funcionalidad y comodidad de los usuarios de acuerdo con la jerarquización vial y las condiciones topográficas del área de influencia.

El modelado geométrico se adapta a la morfología del terreno para establecer criterios de diseño que garanticen la estabilidad y transitabilidad segura del corredor. La generación de reportes de diseño y carteras permite cuantificar con precisión los movimientos de tierra y volúmenes de obra, optimizando la gestión de recursos.

2. CAPITULO I GENERALIDADES

En el marco del desarrollo de la infraestructura de transporte en Colombia, el diseño geométrico de carreteras se rige por estándares técnicos que buscan garantizar la seguridad, comodidad y eficiencia en la operación vehicular. El desarrollo del Diseño Geométrico Vial para el proyecto de mejoramiento vial se centra en la configuración espacial del eje vial enfocado los factores críticos para la seguridad tanto de los usuarios como de los transeúntes del sector, se define con precisión los bordes de confinamiento, anchos de calzada y demás parámetros de diseño. De esta manera, el informe asegura la consistencia técnica entre el alineamiento en planta, perfil y sección transversal, conforme a los criterios técnicos de diseño del INVIAS.

2.1 Objetivo General

Realizar el diseño geométrico integral del proyecto vial mediante la definición técnica de los alineamientos en planta, perfil y sección transversal, aplicando los criterios en consistencia de la velocidad de diseño y la seguridad operacional establecidos en la AASHTO y el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVITAS y sus actualizaciones normativas sobre condiciones especiales.

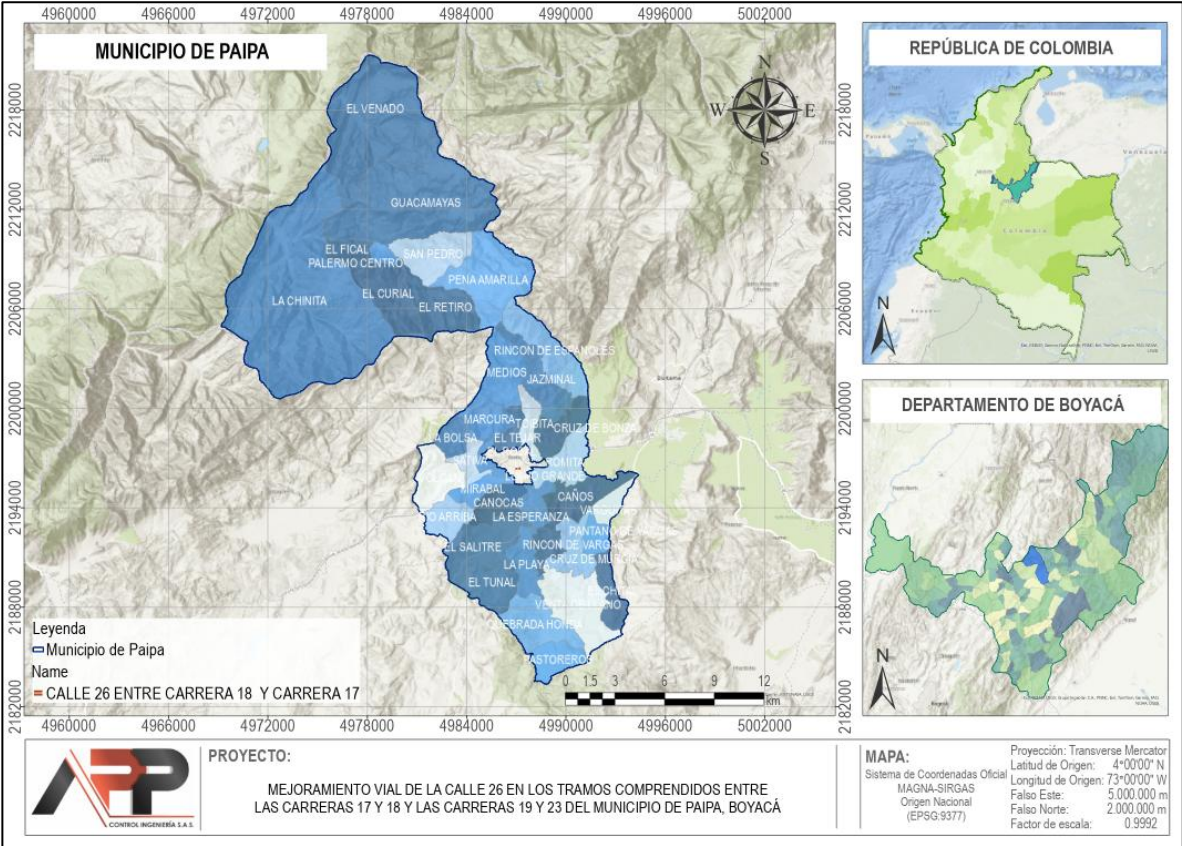
2.1.1 Objetivos Específicos

- Categorizar la vía por su funcionalidad y topografía para definir la velocidad de diseño del tramo homogéneo y los controles geométricos básicos aplicables según la normativa vigente.
- Diseñar los alineamientos horizontal y vertical, y la sección transversal bajo criterios de consistencia de velocidad y distancias de visibilidad, garantizando una operación vehicular segura, cómoda y fluida.
- Integrar los componentes complementarios, cumpliendo con los protocolos de aseguramiento de la calidad y los requisitos de contenido mínimo de informes y planos.

2.2 Ubicación Geográfica

El municipio de Paipa se encuentra ubicado geográficamente en la Provincia de Tundama del departamento de Boyacá. La altitud media de la cabecera municipal es de 2525 m.s.n.m., aunque su relieve varía significativamente debido a su ubicación en la cordillera Oriental. El municipio está situado en las coordenadas geográficas 5°46′48" de latitud norte y 73°07′03" de longitud oeste.

Esquema 1 Ubicación Geográfica – Municipio de Paipa.



Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S

El municipio de Paipa limita por el Norte con el departamento de Santander (municipios de Gambita y Charalá), por el Sur con los municipios de Firavitoba y Tuta, por el Oriente con los municipios de Duitama y Tibasosa, y por el Occidente con el municipio de Sotaquirá. Está conformado por treinta y ocho (38) veredas: Bonza, Caños, Chital, Cienaga 1, Cienaga 2, Cruz de Murcia, Curubal, El Cedro, El Venado, El Volcán, Flor Amarilla, Guateque, Jaramillo, La Bolsa, La Esperanza, La Playa, Las Vueltas, Llano de la Alquería, Maracas, Mirabal, Palermo, Pantano de Vargas, Peña Blanca, Quebrada Honda, Ranchería, Rincón de Españoles, Rincón de Murillo, Rincón de Toros, Romero, Salgual,

San José de la Loma, Santa Rosa, Siratá, Toibita, Torres, Tunjita, Venta de Llano y Vozmediano.

2.3 Localización de la zona de estudio

El área de estudio se localiza en el casco urbano del municipio de Paipa, específicamente en el corredor de la Calle 26, comprendido entre la Carrera 17 y la Carrera 18. Topográficamente, el sector presenta una morfología de terreno plano a ligeramente ondulado. En términos de amenaza sísmica, y de acuerdo con los parámetros de la NSR-10, el proyecto se localiza en una zona de amenaza sísmica alta.

Esquema 2 Localización proyecto.



Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S

Tabla 1 Ubicación y longitud del tramo.

ID	NOMBRE	COORDENADAS				Longitud (m)
		INICIO: BOP		FIN: EOP		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
TRAMO N° 05	CALLE 26 ENTRE CARRERA 17 Y CARRERA 18	4987079.60	4987079.60	4987082.77	2196349.21	103

Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S

2.4 Alcance

El alcance de este componente comprende la estructuración integral del corredor vial mediante el procesamiento de la información topográfica para la generación del diseño geométrico vial, que defina con precisión la geometría horizontal y vertical. Este proceso incluye el diseño de secciones transversales típicas que integre el sistema vial, optimizando el equilibrio de masas para minimizar el movimiento de tierras.

Finalmente, el alcance se extiende a la determinación técnica de las cotas de diseño para la evacuación de aguas superficiales y la entrega de reportes, de cantidades de diseño, garantizando un insumo técnico para la ejecución presupuestal y física del proyecto bajo los lineamientos requeridos.

2.5 Limitaciones

La limitación técnica del componente de diseño está supeditada a las condiciones de consolidación poblacional existente en los sectores intervenidos del municipio, lo que restringe en tramos específicos la aplicación de radios de curvatura y anchos de calzada ideales. Asimismo, la precisión del modelado geométrico y el cálculo de volúmenes dependen estrictamente de la fidelidad de la nube de puntos topográfica y la estabilidad de la zona.

2.6 Recopilación de la información

La recopilación de información se fundamenta en el insumo topográfico de precisión y la inspección técnica de campo, consolidando una nube de puntos que define la altimetría y planimetría del corredor vial. Este proceso incluye la identificación de la consolidación urbana ya definida, la ubicación de redes de servicios públicos existentes y la proyección del componente de urbanismo y de estructuras de drenaje.

3. CAPITULO II CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO

De acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico, la definición de los parámetros técnicos constituye la base normativa y operativa del proyecto, son elementos básicos y operacionales que determinan la geometría del proyecto, priorizando siempre la seguridad de los usuarios.

3.1 CLASIFICACIÓN DE LA VÍA

La clasificación de las vías se rige por dos criterios fundamentales que corresponden a la funcionalidad y el tipo de terreno predominante.

3.1.1 Según su funcionalidad

La categorización de las vías urbanas depende la función en la red de movilidad y la relación entre el flujo vehicular y el acceso a los predios y se puede definir según la jerarquía vial.

El tramo vial en estudio se caracteriza por ser vía urbana colectora, al tener como función principal distribuir el tráfico hacia zonas residenciales o comerciales y conectar las vías arteriales con las locales.

3.1.2 Según el tipo de terreno

La topografía predominante de los tramos en estudio corresponde a la de terrenos planos a ondulados.

3.2 VELOCIDAD DE DISEÑO

La velocidad de diseño para este tipo de vías no es una prioridad, pero por consistencia en el diseño de los diferentes elementos, la norma AASHTO¹ recomienda un rango de 30 a 50 km/h.

Para este proyecto el valor adoptado es el mínimo el cual corresponde a 30 km/h; justificado en que es una calle urbana y la prioridad es la seguridad tanto de los vehículos, conductores y especialmente de los peatones; que podrían ser desde niños, jóvenes y ancianos.

¹ American Association of State Highway and Transportation Officials. Geometric design of highways and streets : Chapter 5. Local roads and streets. Fifth Edition. Washington, D.C. : AASHTO, 2004, p. 390.

3.3 VEHÍCULO DE DISEÑO

Para la selección del vehículo de diseño además de tenerse en cuenta el tipo de tránsito que circulará sobre esta vía, también se tuvo presente que según el tipo de vehículo se deben diseñar los elementos geométricos.

En este proyecto se seleccionó un Camión Categoría 2 (C2) como vehículo de diseño. En la se muestran sus dimensiones.

Tabla 2. Dimensiones del vehículo de diseño.

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

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras – 2008, INVIAS.

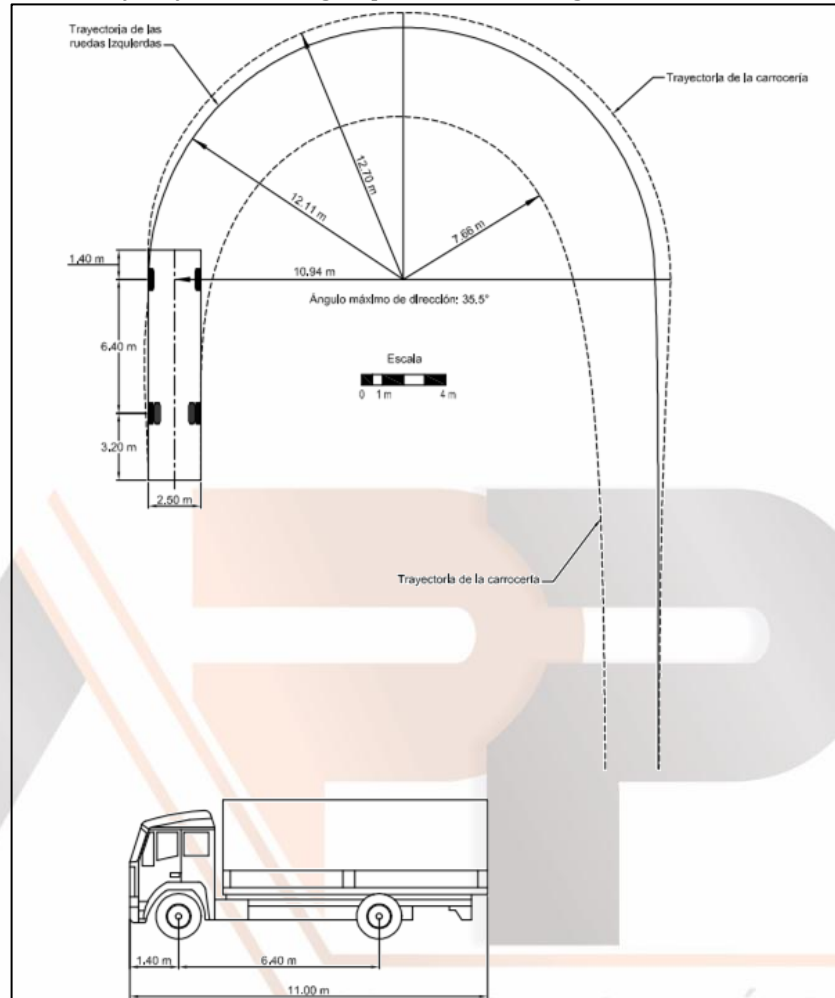
Este vehículo presenta un radio de viraje de 12.48 metros y ángulo máximo de dirección de 37°. Estas características fueron adoptadas del promedio del parque automotor que circulan por la red vial colombiana².

Las dimensiones y trayectorias de giro de un Camión Categoría 2 son las apreciadas en el siguiente esquema.

CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

² INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual de diseño geométrico de carreteras : Capítulo 2. Controles para el diseño geométrico. Bogotá D.C. : INVIAS, 2008, p. 51.

Esquema 3 Dimensiones y trayectorias de giro para Camión Categoría 2.



Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras – 2008, INVIAS.

3.4 DISTANCIAS DE VISIBILIDAD

Este es uno de los controles de diseño más importantes en el diseño de una vía, ya que se debe garantizar que la combinación de los elementos geométricos, el estado de la superficie de rodamiento, las limitaciones del campo visual del conductor y demás limitaciones impuestas por el entorno, ofrezcan la posibilidad de poder ver hacia adelante de tal forma que los conductores puedan transitar y realizar maniobras de manera segura y eficiente.

3.4.1 Distancia de visibilidad de parada

Se considera como distancia de visibilidad de parada de un determinado punto de una carretera, la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo pueda detenerlo antes de llegar a un obstáculo que aparezca en su trayectoria al circular a la velocidad específica del elemento.

Para una velocidad de 30 km/h la distancia de visibilidad de parada en tramos a nivel es como se indica en la Tabla 3 (Tabla 2.6 MDGC-INV 2008).

Tabla 3. Distancias de visibilidad en tramos a nivel.

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

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras – 2008, INVIAS.

La distancia de visibilidad de parada en tramos con pendientes se indica en la Tabla 4 (Tabla 2.7 MDGC-INV 2008).

Estos criterios fueron la prioridad, obviamente teniendo en cuenta las condiciones topográficas; el resultado de este cálculo se encuentra en los anexos.

Tabla 4. Distancias de visibilidad en tramos con pendientes.

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

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras – 2008, INVIAS.

3.4.2 Distancia de visibilidad de adelantamiento (D_a)

Se dice que un tramo de carretera tiene distancia de visibilidad de adelantamiento, cuando la distancia de visibilidad en ese tramo es suficiente para que, en condiciones de seguridad, el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril a una velocidad menor, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra de adelantamiento.

La distancia de visibilidad de adelantamiento debe considerarse únicamente para las carreteras de dos carriles con tránsito en las dos direcciones, donde el adelantamiento se realiza en el carril del sentido opuesto. En la Tabla 5 se dan o conocen la distancia de visibilidad de adelantamiento recomendados por el INVIAS (Tabla 2.9 MDGC-INV 2008).

Tabla 5. Distancia de visibilidad de adelantamiento.

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

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras – 2008, INVIAS.

Este chequeo se realizó en el proceso de diseño; hay que tener en cuenta que en términos generales las características de la vía proporcionan una calzada doble carril por cada sentido, haciendo fácil la maniobra de adelantamiento.

CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

4. DISEÑO EN PLANTA DEL EJE DE LA CARRETERA

Los elementos geométricos de la carretera están convenientemente relacionados, para garantizar una operación segura, a una velocidad de operación continua y acorde a las condiciones y limitaciones generales de la vía existente.

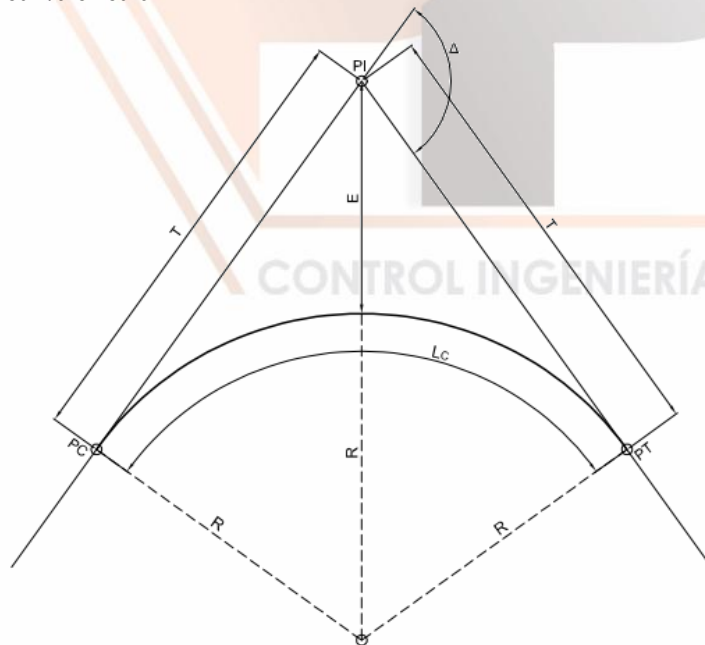
4.1 CURVAS HORIZONTALES

Los empalmes de los alineamientos se realizaron con curvas circulares simples debido a las condiciones geométricas del alineamiento, caracterizado por obtenerse bajas deflexiones entre tangencias.

4.1.1 Empalme circular simple

Los empalmes con curvas circulares presentan una curvatura constante, la cual es inversamente proporcional al valor del radio. En el diseño de carreteras corresponde a un elemento geométrico de curvatura rígida.

Figura 1. Elementos curva circular



Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras – 2008, INVIAS.

Donde:

PI: Punto de cruce de dos tangentes que forman el empalme.

PC: Punto de inicio del empalme.

- PT: Punto final del empalme.
- Δ : Ángulo de deflexión en el PI, en grados o radianes.
- R: Radio del arco circular, en metros.
- LC: Longitud del arco circular, en metros.
- T: Tangente del empalme, en metros.

El resultado de cálculo de los diferentes elementos de este tipo de curva se encuentra en el ANEXO CÁLCULOS DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

4.1.2 Relación entre la Velocidad Específica de la curva horizontal (V_{CH}), el Radio de curvatura (R_c) y el Peralte (e)

Cuando un vehículo circula por una curva horizontal a una velocidad dada, el diseño de la vía en dicha curva debe garantizar al conductor un recorrido seguro y confortable. Para lograr este objetivo es necesario recurrir a las leyes de la física mediante la ecuación de equilibrio que a continuación se expone.

4.1.2.1 Ecuación de equilibrio

Esta ecuación permite definir la relación entre el radio (R_c) de la curva horizontal, la Velocidad Específica (V_{CH}), el peralte (e) y la fricción transversal (f_T), con la cual se tiene el equilibrio de las fuerzas que participan en la circulación del vehículo en la curva evitando el deslizamiento hacia la parte externa de la curva. La ecuación de la curva es la siguiente:

$$R_c = \frac{V_{CH}^2}{127 \cdot (e + f_T)}$$

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras – 2008, INVIAS.

Donde: R_c : Radio de la curva circular, en metros.

V_{CH} : Velocidad Específica para la que se diseña la curva, en km/h.

e : Peralte de la calzada en la curva, en tanto por uno.

f_T : Coeficiente de fricción transversal.

4.1.2.2 Peralte máximo ($e_{\text{máx}}$)

Según la categoría de la vía se establece como peralte máximo seis por ciento (6%), el cual permite no incomodar a vehículos que viajan a velocidades menores, especialmente a los vehículos con centro de gravedad muy alto y a los vehículos articulados (tracto – camión con remolque) los cuales pueden tener un potencial de volcamiento de su carga al circular por curvas con peraltes muy altos.

4.1.2.3 Fricción transversal máxima ($f_{T\text{máx}}$)

Está determinada por numerosos factores, entre los cuales: el estado de la superficie de rodadura, la velocidad del vehículo y el tipo y condiciones de las llantas de los vehículos. Se adoptan los valores del coeficiente de fricción transversal máxima indicados por los estudios recientes de la AASHTO, los cuales se indican en la siguiente tabla (Tabla 3.1. MDGC-INV 2008).

Tabla 6. Coeficiente de fricción transversal máxima

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL MÁXIMA $f_{T\text{máx}}$	0.35	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras – 2008, INVIAS.

Para este proyecto según la velocidad específica de 30 km/h el valor de $f_{T\text{máx}}$ a adoptar es de 0.28.

4.1.2.4 Radio de curvatura mínimo ($R_{C\text{mín}}$)

El radio mínimo ($R_{C\text{mín}}$) es el valor límite de curvatura para una Velocidad Específica (V_{CH}) de acuerdo con el peralte máximo ($e_{\text{máx}}$) y el coeficiente de fricción transversal máxima ($f_{T\text{máx}}$). El Radio mínimo de curvatura solo debe ser usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores. El radio mínimo se calcula de acuerdo al criterio de seguridad ante el deslizamiento mediante la aplicación de la ecuación de equilibrio:

Ecuación 2. Radio de curvatura mínimo ($R_{C\text{mín}}$)

$$R_c = \frac{V_{CH}^2}{127 \cdot (e_{\text{máx}} + f_{T\text{máx}})}$$

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras – 2008, INVIAS.

Como se muestra en la siguiente tabla (Tabla 3.2. MDGC-INV 2008) para una velocidad de 30 km/h y un $e_{\text{máx}}$ de 6% el $R_{C\text{mín}}$ es de 21 metros.

Tabla 7. Radios mínimos de peralte máximo del 6.0% y Fmax.

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tmáx}$	TOTAL $e_{máx} + f_{Tmáx}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
20	6,0	0,35	0,41	7,7	15 ⁽¹⁾
30	6,0	0,28	0,34	20,8	21
40	6,0	0,23	0,29	43,4	43
50	6,0	0,19	0,25	78,7	79
60	6,0	0,17	0,23	123,2	123

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

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras – 2008, INVIAS.

El resumen de los cálculos del alineamiento en planta se presenta en los anexos.

CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

5. DISEÑO EN PERFIL DEL EJE DE LA VÍA

El alineamiento vertical está formado por una serie de rectas enlazadas por arcos parabólicos, a los que dichas rectas son tangentes. La inclinación de las tangentes verticales y la longitud de las curvas dependen principalmente de la topografía de la zona, del alineamiento horizontal, de la visibilidad, de la velocidad del proyecto, de los costos de construcción, de los costos de operación, del porcentaje de vehículos pesados y de su rendimiento en los ascensos.

Para este caso en especial, el diseño en perfil del eje de la calle se realizó teniéndose en cuenta la rasante existente, con el fin de no generar grandes impactos y movimientos de tierra.

5.1 TANGENTE VERTICAL

5.1.1 Pendientes y longitudes

La pendiente mínima adoptada en el diseño del perfil de la rasante es de 1.2%, debido a que el tipo de terreno es plano y ondulado, la pendiente seleccionada garantiza el escurrimiento fácil de las aguas lluvias en la superficie de rodadura.

Es de tener presente que el drenaje general de la vía consistirá en la escorrentía generada por el bombeo de la calzada y las bermas, a través del talud, hasta evacuar las aguas al terreno natural.

5.2 CURVAS VERTICALES

Una curva vertical es un elemento geométrico del diseño en perfil que se utiliza para el empalme de dos tangentes verticales consecutivas; tiene como utilidad permitir efectuar el cambio gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la tangente de salida, prestando un servicio seguro y cómodo. Además, debe tener una apariencia agradable y debe ser adecuada para un drenaje óptimo. La curva que mejor se ajusta a estas condiciones son las curvas verticales simétricas.

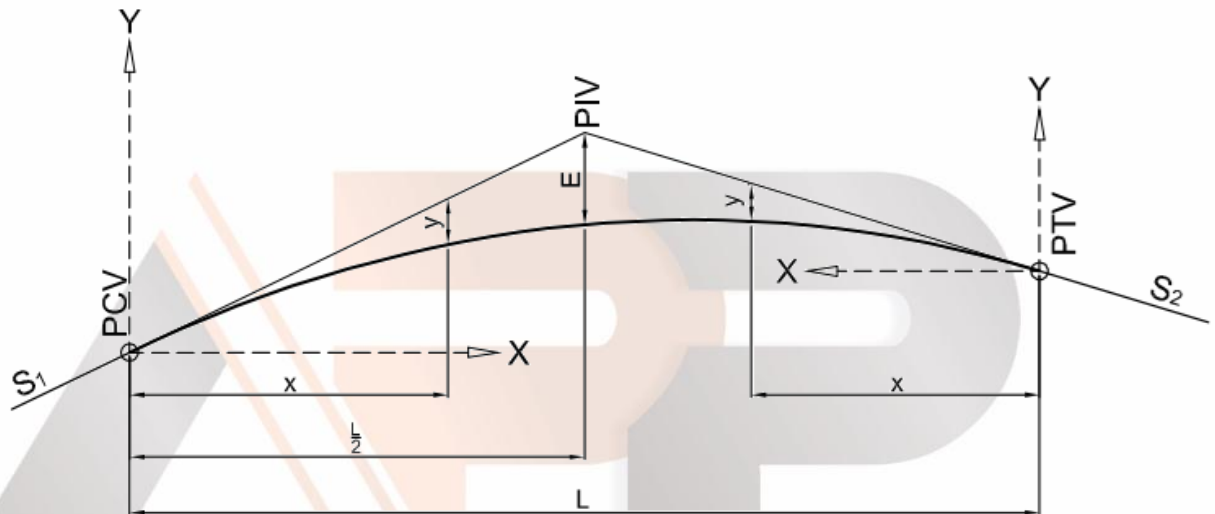
5.2.1 Tipos de curvas verticales empleadas

Las curvas verticales que se implementaron en el diseño del perfil vertical son curvas verticales cóncavas y convexas y de acuerdo con la proporción entre sus ramas que las forman son simétricas.

5.2.2 Descripción y cálculo de los elementos geométricos

Las expresiones utilizadas para cálculo de los elementos geométricos de las curvas verticales, como la descripción de cada uno de sus componentes son mostrados a continuación, aclarando se adoptó como recomendación el uso de parábolas cuadráticas.

Esquema 4 Elementos de la curva vertical simétrica



Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras – 2008, INVIAS.

Dónde: PCV: Principio de la curva vertical.

PIV: Punto de intersección de las tangentes verticales.

PTV: Terminación de la curva vertical.

L: Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros.

S₁: Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%).

S₂: Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%).

A: Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%).

E: Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, dada en metros, se determina así:

x: Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV.

y: Ordenada vertical en cualquier punto, también llamada corrección de la curva vertical.

La diferencia algebraica (A) se calcula de acuerdo a la Ecuación 3.

Ecuación 3. Diferencia algebraica de pendientes (A)

$$A = |S_1 - S_2|$$

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras – 2008, INVIAS.

La corrección vertical se calcula por medio de la Ecuación 4.

Ecuación 4. Corrección de la curva vertical (y)

$$y = x^2 \cdot \left(\frac{A}{200 \cdot L} \right)$$

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras – 2008, INVIAS.

El cálculo de la longitud y demás elementos de las curvas verticales se realizó teniendo en cuenta el criterio de seguridad, operación y de drenaje acorde a lo que estipula el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras de 2008 del INVIAS y de la metodología AASTHO. El resultado de estos cálculos se puede apreciar al final en los anexos.

CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

6. DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

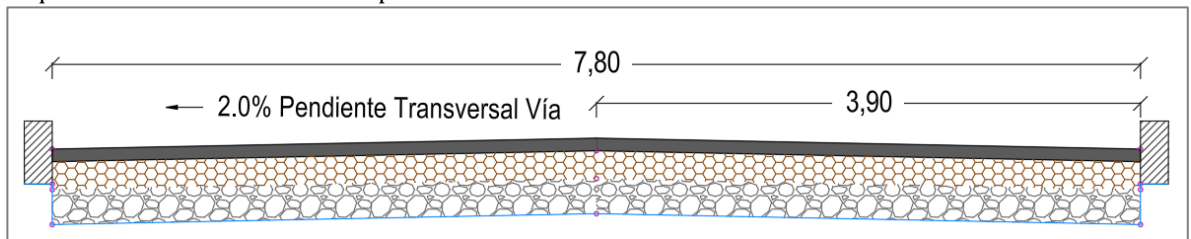
6.1 SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA

Para este estudio, se cuenta con una sección transversal definida para todo el tramo en estudio, a continuación, se presenta el esquema e información de esta.

- Sección típica de diseño

Calzada bidireccional de 7.80 m

Esquema 5 Sección transversal típica.



Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

Las características geométricas de la sección se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 8. Características geométricas sección transversal

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	
Calzada	Unidireccional
Ancho de calzada	7.80 m
Bombeo	2.00%
Capa rodadura – Mezcla Densa en Caliente	9 cm
Base Granular	20 cm
SubBase Granular	25 cm
Sardinell Interno A10	20x50 cm

Fuente: El estudio.

El diseño del andén y demás mobiliario urbano se encuentra en el componente arquitectónico.

7. VOLÚMENES Y CANTIDADES

El cálculo de volúmenes entre secciones transversales se realizó por el método de las áreas medias. En resumen, de movimiento de tierras y cantidad de materiales aproximados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 9. Cálculo de cantidades.

CALLE 26 ENTRE CARRERA 22 Y CARRERA 19		
ÍTEM	UNIDAD	CANTIDAD
Vol. Corte	m ³	430.47
Vol. Relleno	m ³	0.00
Área de intervención	m ²	725.25
Capa rodadura – Mezcla Densa en Caliente e= 9 cm	m ³	65.5
Base Granular e= 20cm	m ³	145.56
SubBase Granular e= 25cm	m ³	181.95

Fuente: El estudio.

El soporte de estos cálculos se encuentra en los anexos.

También se aclara que las cantidades dadas aquí son en compacto y no están afectadas por factores de reducción o de mayoración.

CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se llevó a cabo el diseño geométrico de este proyecto de manera satisfactoria, siguiéndose los lineamientos definidos por el INVIAS y la AASHTO; como es lógico, el objetivo siempre fue que el resultado final del diseño fuera lo más fiel posible al trazado existente. De esta forma, se garantiza un menor impacto sobre el área de influencia.

Los espesores de las capas de las estructuras del pavimento son dados del estudio y diseño del pavimento, suministrado en el proyecto.

En los anexos se dan las carteras de replanteo topográfico obtenidas del diseño geométrico, las cuales permitirán su materialización en el terreno.

Cordialmente,



CARLOS GABRIEL TAPIAS MONTAÑEZ

M.P. No. 1005-1053

Esp. Infraestructura vial

ANEXOS



ANEXO 1. CARTERA DE PI DEL ALINEAMIENTO

Alignment Name: EJE CALLE 26

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+095.85

PI Station	Northing	Easting	Distance	Direction
0+000.00	2,196,444.9982m	4,987,079.5988m		
			21.659m	S2° 10' 53"E
0+021.66	2,196,423.3547m	4,987,080.4232m		
			10.743m	S1° 53' 32"W
0+032.40	2,196,412.6172m	4,987,080.0685m		
			63.461m	S2° 26' 14"E
0+095.85	2,196,349.2133m	4,987,082.7672m		

CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

ANEXO 2. CARTERA DE COORDENADAS Y DIRECCIÓN DEL EJE

Alignment Name: EJE CALLE 26

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+095.85

Station Increment: 5.00

Station	Northing	Easting	Tangential Direction
0+000.00	2,196,444.9982m	4,987,079.5988m	S2° 10' 53"E
0+020.00	2,196,425.0114m	4,987,080.3162m	S0° 47' 12"E
0+040.00	2,196,405.0170m	4,987,080.3920m	S2° 26' 14"E
0+060.00	2,196,385.0351m	4,987,081.2425m	S2° 26' 14"E
0+080.00	2,196,365.0532m	4,987,082.0930m	S2° 26' 14"E
0+095.85	2,196,349.2175m	4,987,082.7670m	S2° 26' 14"E

CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

ANEXO 3. PIV PERFIL

Horizontal Alignment Information

Name: EJE CALLE 26

Station Range: 0+00.000 to 0+95.85

Vertical Alignment: EJE CALLE 26 FG

PVI	Station	Elevation (m)	Grade Out (%)	Curve Length (m)
1	0+00.000	2495.103	-1.790 %	0.000
2	0+15.327	2494.829	-3.354 %	20.000
3	0+95.854	2492.128		



ANEXO 4. CÁLCULOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

Alignment: EJE CALLE 26

Description:

Tangent Data

Length:	16.399	Course:	S 02° 10' 53.0940" E
---------	--------	---------	----------------------

Circular Curve Data

Delta:	04° 04' 24.7685"	Type:	RIGHT
Radius:	147.902		
Length:	10.515	Tangent:	5.260
Mid-Ord:	0.093	External:	0.094
Chord:	10.513	Course:	S 00° 08' 40.7098" E

Tangent Data

Length:	0.000	Course:	S 00° 00' 00.0000" W
---------	-------	---------	----------------------

Circular Curve Data

Delta:	04° 19' 45.6572"	Type:	LEFT
Radius:	145.069		
Length:	10.962	Tangent:	5.483
Mid-Ord:	0.104	External:	0.104
Chord:	10.959	Course:	S 00° 16' 21.1541" E

Tangent Data

Length:	57.978	Course:	S 02° 26' 13.9827" E
---------	--------	---------	----------------------

ANEXO 5. CÁLCULOS DEL ALINEAMIENTO VERTICAL

Vertical Alignment: EJE CALLE 26 FG

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+095.85

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	0+005.33	Elevation:	2,495.008m
PVI Station:	0+015.33	Elevation:	2,494.829m
PVT Station:	0+025.33	Elevation:	2,494.493m
High Point:	0+005.33	Elevation:	2,495.008m
Grade in:	-1.79%	Grade out:	-3.35%
Change:	1.56%	K:	12.791m
Curve Length:	20.000m	Curve Radius	1,279.064m
Passing Distance:	998.948m	Stopping Distance:	435.017m

CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

ANEXO 6. CÁLCULOS DE CUBICACIÓN O MOVIMIENTO DE TIERRAS

Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
0+000.000	4.71	0	0	0	0	0	0	0	0
0+005.000	4.04	21.88	21.88	0	0	21.88	21.88	0	21.88
0+010.000	4.96	22.51	22.51	0	0	44.39	44.39	0	44.39
0+015.000	4.82	24.47	24.47	0	0	68.85	68.85	0	68.85
0+020.000	4.52	23.36	23.36	0	0	92.22	92.22	0	92.22
0+025.000	4.38	22.25	22.25	0	0	114.47	114.47	0	114.47
0+030.000	4.00	20.95	20.95	0	0	135.42	135.42	0	135.42
0+035.000	4.00	20.02	20.02	0	0	155.44	155.44	0	155.44
0+040.000	4.28	20.72	20.72	0	0	176.16	176.16	0	176.16
0+045.000	4.54	22.05	22.05	0	0	198.21	198.21	0	198.21
0+050.000	4.97	23.76	23.76	0	0	221.97	221.97	0	221.97
0+055.000	4.81	24.46	24.46	0	0	246.42	246.42	0	246.42
0+060.000	4.51	23.31	23.31	0	0	269.74	269.74	0	269.74
0+065.000	4.47	22.46	22.46	0	0	292.20	292.20	0	292.20
0+070.000	4.51	22.45	22.45	0	0	314.65	314.65	0	314.65
0+075.000	4.47	22.43	22.43	0	0	337.09	337.09	0	337.09
0+080.000	4.55	22.53	22.53	0	0	359.62	359.62	0	359.62
0+085.000	4.63	22.94	22.94	0	0	382.56	382.56	0	382.56
0+090.000	4.51	22.86	22.86	0	0	405.42	405.42	0	405.42
0+095.000	4.69	23.01	23.01	0	0	428.43	428.43	0	428.43
0+095.854	0.07	2.03	2.03	0	0	430.47	430.47	0	430.47

CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

ANEXO 7. CÁLCULOS DE CUBICACIÓN POR MATERIAL

Alignment: EJE CALLE 26

Sample Line Group: EJE CALLE 26

Start Sta: 0+000.000

End Sta: 0+095.85

Station	Area Type	Area (Sq.m.)	Inc. Vol. (Cu.m.)	Cum. Vol. (Cu.m.)
Station: 0+000.000	Corte	4.71	0	0
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.7	0	0
	Subbase	1.95	0	0
	Base	1.56	0	0
Station: 0+005.000	Corte	4.04	21.88	21.88
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.61	3.27	3.27
	Subbase	1.68	9.08	9.08
	Base	1.35	7.26	7.26
Station: 0+010.000	Corte	4.96	22.51	44.39
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.61	3.03	6.3
	Subbase	1.69	8.43	17.51
	Base	1.35	6.74	14
Station: 0+015.000	Corte	4.82	24.47	68.85
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.61	3.04	9.34
	Subbase	1.69	8.44	25.95
	Base	1.35	6.75	20.76
Station: 0+020.000	Corte	4.52	23.36	92.22
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.61	3.04	12.38
	Subbase	1.69	8.45	34.39
	Base	1.35	6.76	27.52
Station: 0+025.000	Corte	4.38	22.25	114.47
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.7	3.26	15.65
	Subbase	1.94	9.07	43.46
	Base	1.55	7.25	34.77
Station: 0+030.000	Corte	4	20.95	135.42
	Relleno	0	0	0

Station	Area Type	Area (Sq.m.)	Inc. Vol. (Cu.m.)	Cum. Vol. (Cu.m.)
	Pavement	0.72	3.55	19.19
	Subbase	2	9.86	53.32
	Base	1.6	7.89	42.65
Station: 0+035.000	Corte	4	20.02	155.44
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.7	3.56	22.75
	Subbase	1.95	9.89	63.2
	Base	1.56	7.91	50.56
Station: 0+040.000	Corte	4.28	20.72	176.16
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.7	3.51	26.26
	Subbase	1.95	9.75	72.95
	Base	1.56	7.8	58.36
Station: 0+045.000	Corte	4.54	22.05	198.21
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.7	3.51	29.77
	Subbase	1.95	9.75	82.7
	Base	1.56	7.8	66.16
Station: 0+050.000	Corte	4.97	23.76	221.97
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.7	3.51	33.28
	Subbase	1.95	9.75	92.45
	Base	1.56	7.8	73.96
Station: 0+055.000	Corte	4.81	24.46	246.42
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.7	3.51	36.79
	Subbase	1.95	9.75	102.2
	Base	1.56	7.8	81.76
Station: 0+060.000	Corte	4.51	23.31	269.74
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.7	3.51	40.3
	Subbase	1.95	9.75	111.95
	Base	1.56	7.8	89.56
Station: 0+065.000	Corte	4.47	22.46	292.2
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.7	3.51	43.81
	Subbase	1.95	9.75	121.7
	Base	1.56	7.8	97.36
	Corte	4.51	22.45	314.65

Station	Area Type	Area (Sq.m.)	Inc. Vol. (Cu.m.)	Cum. Vol. (Cu.m.)
Station: 0+070.000	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.7	3.51	47.32
	Subbase	1.95	9.75	131.45
	Base	1.56	7.8	105.16
Station: 0+075.000	Corte	4.47	22.43	337.09
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.7	3.51	50.83
	Subbase	1.95	9.75	141.2
	Base	1.56	7.8	112.96
Station: 0+080.000	Corte	4.55	22.53	359.62
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.7	3.51	54.34
	Subbase	1.95	9.75	150.95
	Base	1.56	7.8	120.76
Station: 0+085.000	Corte	4.63	22.94	382.56
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.7	3.51	57.85
	Subbase	1.95	9.75	160.7
	Base	1.56	7.8	128.56
Station: 0+090.000	Corte	4.51	22.86	405.42
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.7	3.51	61.36
	Subbase	1.95	9.75	170.45
	Base	1.56	7.8	136.36
Station: 0+095.000	Corte	4.69	23.01	428.43
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.71	3.52	64.88
	Subbase	1.96	9.78	180.23
	Base	1.57	7.82	144.18
Station: 0+095.854	Corte	0.07	2.03	430.47
	Relleno	0	0	0
	Pavement	0.75	0.62	65.5
	Subbase	2.08	1.72	181.95
	Base	1.66	1.38	145.56