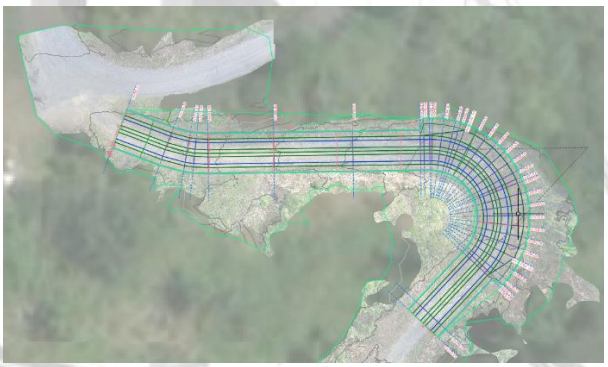
INDESK
Laboratorio e ingeniería SAS



**CONSECUTIVO:**
04-DG-001-PH110_70-2025

**PÁGINAS:**
1 DE 064

# DISEÑO GEOMETRICO

Este documento es propiedad de INDESK LABORATORIO, CONSULTORIA E INGENIERIA SAS y no debe ser modificado; copiado o difundido por ningún medio o persona alguna no autorizada sin el permiso o aprobación del propietario. El solicitante o usuario será responsable por cualquier uso indebido. Este documento no es válido sin la firma original.

| DEPARTAMENTO: | MUNICIPIO: | FECHA DE ENTREGA: |
|---|---|---|
| BOYACÁ | BRICEÑO | SEPTIEMBRE 2025 |

ELABORADO Y APROBADO

*ING. ESP. OMAR JHON BYRON ORTIZ MARIÑO*
Especialista en Estructuras
Especialista en Infraestructura Vial
Máster BIM Diseño Y Construcción De Vías, Carreteras Y Autopistas
Phd En Ingeniería Con Énfasis En Transito Y Transporte ©
Ingeniero Civil
M.P No. 25202-385894 CND

**PROYECTO:** "MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA RED VIAL TERCIARIA MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LAS VEREDAS TARPEYA Y MINACHAL DEL MUNICIPIO DE BRICEÑO BOYACÁ."



*"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."*





INDESK
Laboratorio e ingeniería SAS

## 1. INTRODUCCION

El presente informe tiene como objetivo documentar el diseño geométrico de la vía ubicada en el municipio de BRICEÑO, departamento de Boyacá, correspondiente al proyecto de mantenimiento y mejoramiento vial mediante la implementación de una placa huella. Este proyecto busca optimizar la transitabilidad de la vía, garantizando la seguridad de los usuarios, la durabilidad de la infraestructura y la adecuada evacuación de aguas pluviales.

El diseño geométrico de la vía se realiza tomando en cuenta las condiciones topográficas, hidrológicas y ambientales de la zona, así como las normativas técnicas establecidas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) para obras rurales. La plataforma vial propuesta incorpora bordillos laterales, cunetas trapezoidales y pendientes adecuadas que permiten controlar la escorrentía superficial, prevenir erosión y minimizar el riesgo de inundaciones durante eventos de lluvia intensa.

Este documento integra los criterios de diseño geométrico, perfiles longitudinales y transversales, dimensionamiento de drenajes y cunetas, así como las recomendaciones técnicas necesarias para garantizar la seguridad, eficiencia y sostenibilidad de la vía. Asimismo, proporciona la base técnica para la ejecución del proyecto, asegurando que se cumplan los objetivos de accesibilidad, funcionalidad y cuidado del entorno natural en la región de BRICEÑO, Boyacá.







## 2. OBJETIVOS

### Objetivo General

Realizar el diseño geométrico de la vía en el municipio de BRICEÑO, Boyacá, con el fin de garantizar una infraestructura vial segura, eficiente y sostenible, que permita un tránsito adecuado de vehículos, gestione correctamente las aguas pluviales y minimice impactos ambientales.

### Objetivos Específicos

- **Definir la geometría de la vía:** Determinar la plataforma, pendientes longitudinales y transversales, ancho de la calzada y bordillos laterales, asegurando comodidad y seguridad para los usuarios.
- **Dimensionar los drenajes y cunetas:** Calcular y diseñar cunetas trapezoidales y otros elementos de drenaje para garantizar la adecuada evacuación de aguas superficiales y prevenir erosión.
- **Analizar las condiciones topográficas y del terreno:** Evaluar el relieve, la pendiente y las características del suelo para proponer un trazado que se adapte al entorno y minimice cortes y rellenos innecesarios.
- **Cumplir con normativas técnicas:** Aplicar los criterios establecidos por el INVIAS y otras normativas nacionales para diseño de vías rurales y obras de drenaje.
- **Incorporar medidas de sostenibilidad:** Proponer soluciones que reduzcan el impacto ambiental, preserven la vegetación y optimicen los recursos materiales y económicos del proyecto.







## 3. METODOLOGIA

### 3.1. Levantamiento Topográfico:

El levantamiento topográfico se realizó utilizando una poligonal cerrada nivelada como referencia, desde la cual se tomaron mediciones de elementos existentes como estructuras de drenaje, ejes y bordes de la vía, árboles, accidentes topográficos y otros detalles relevantes para el diseño.

La información obtenida se procesó con software especializado para dibujar los detalles en AutoCAD Civil 3D y generar curvas de nivel del área estudiada.

El diseño se basa en la topografía previamente empleada en el levantamiento de los corredores viales, y el terreno a ser levantado en cada sector fue definido por el ingeniero a cargo en función de las características topográficas del lugar.

### 3.2. Diseño Geométrico:

Su función es definir las características geométricas de una vía considerando factores como el tráfico, la topografía y las velocidades, con el objetivo de asegurar una circulación cómoda y segura.

El diseño geométrico de una carretera se compone de tres elementos bidimensionales que se ejecutan de forma independiente pero interdependiente, y al combinarse forman un elemento tridimensional que representa la vía.

Estos elementos son:

#### 3.2.1. Alineamiento horizontal:

Formado por medidas angulares y lineales que definen un plano horizontal con coordenadas norte y

este.

#### 3.2.2. Alineamiento vertical:

Compuesto por distancias horizontales y pendientes que crean un plano vertical con abscisas y alturas.







### 3.2.3. Diseño transversal:

Se compone de distancias horizontales y verticales que resultan en un plano transversal con medidas y alturas, así mismo los parámetros de diseño geométrico se establecieron siguiendo las especificaciones del Instituto Nacional de Vías

Para el diseño geométrico horizontal, se establecieron ejes coincidentes con el eje de la vía.

El diseño geométrico vertical se basó en el perfil natural del terreno y en secciones transversales levantadas en campo.

## 4. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de diseño geométrico para la implementación de placas huella se localiza en jurisdicción del municipio de Briceño, perteneciente al departamento de Boyacá, en la provincia de Occidente. El casco urbano municipal se encuentra en el sector noroccidental del departamento, en una zona de transición entre la cordillera Oriental y los valles interandinos.

El municipio posee una extensión territorial de aproximadamente 64 km² y se encuentra a una altitud que oscila entre los 1.300 y 1.500 m s. n. m., lo que le confiere un clima cálido con una temperatura media anual cercana a los 27 °C. Su localización estratégica lo convierte en un punto de conexión entre los municipios de la provincia de Occidente y zonas vecinas del departamento de Santander y Cundinamarca.

La cabecera municipal se encuentra a una distancia aproximada de 42 km de Chiquinquirá, ciudad que constituye el centro urbano de mayor importancia en la región, y entre 130 y 150 km de Tunja, capital departamental. Con respecto a la

ciudad de Bogotá D.C., Briceño se localiza a unos 180 km, siendo esta la principal fuente de abastecimiento y servicios para la población.

Límites Territoriales

De acuerdo con la división político-administrativa, el municipio de Briceño limita con:

- Norte: Municipios de Tununguá (Boyacá) y Albania (Santander).
- Sur: Municipios de Caldas y Pauna.
- Oriente: Municipios de Saboyá y Chiquinquirá.
- Occidente: Municipio de Pauna.

Estos límites determinan la conexión de Briceño con corredores viales de carácter departamental y terciario que vinculan la zona rural con los municipios circunvecinos.

Vías de Acceso y Conectividad

El acceso principal al municipio se realiza desde la ciudad de Chiquinquirá, a través de una vía secundaria que comunica directamente con el casco urbano de Briceño. A partir de allí, se despliegan múltiples caminos veredales y vías terciarias en afirmado, las cuales presentan condiciones variables de transitabilidad.

La topografía del municipio, caracterizada por pendientes pronunciadas y suelos con baja capacidad portante, sumada a la acción de la escorrentía superficial durante temporadas de lluvia, ocasiona que muchos tramos de estas vías sean de difícil acceso, limitando el tránsito de vehículos de carga, transporte público y motocicletas.

La necesidad de garantizar la movilidad permanente de los habitantes y el transporte eficiente de productos agrícolas hace fundamental la intervención mediante placa huella, solución que ha demostrado ser eficaz en zonas rurales con condiciones de alta pendiente.

Contexto Geográfico y Topográfico

El relieve de Briceño corresponde a zonas de montaña de la cordillera Oriental, con pendientes que en algunos sectores superan el 12%. Estas condiciones, sumadas a la presencia de suelos de origen aluvial y coluvial, generan inestabilidad en la capa de rodadura de las vías sin pavimentar.

El área donde se plantea la construcción de la placa huella corresponde a corredores rurales de importancia local, donde el tránsito vehicular actual se da principalmente por motocicletas, camperos y vehículos de carga ligera. La deficiencia en la infraestructura vial dificulta el transporte de productos agrícolas hacia los centros de acopio, incrementando los costos de operación y reduciendo la competitividad de los productores.

2.5 Importancia Económica y Social de la Intervención







Briceño tiene una economía basada en actividades agropecuarias, principalmente el cultivo de café, caña panelera y productos de pancoger, los cuales requieren una red vial terciaria en condiciones óptimas para su transporte. El mal estado actual de estas vías limita el acceso de vehículos de carga, encarece los costos de producción y afecta la comercialización de los productos.

La implementación del diseño geométrico de placa huella permitirá:

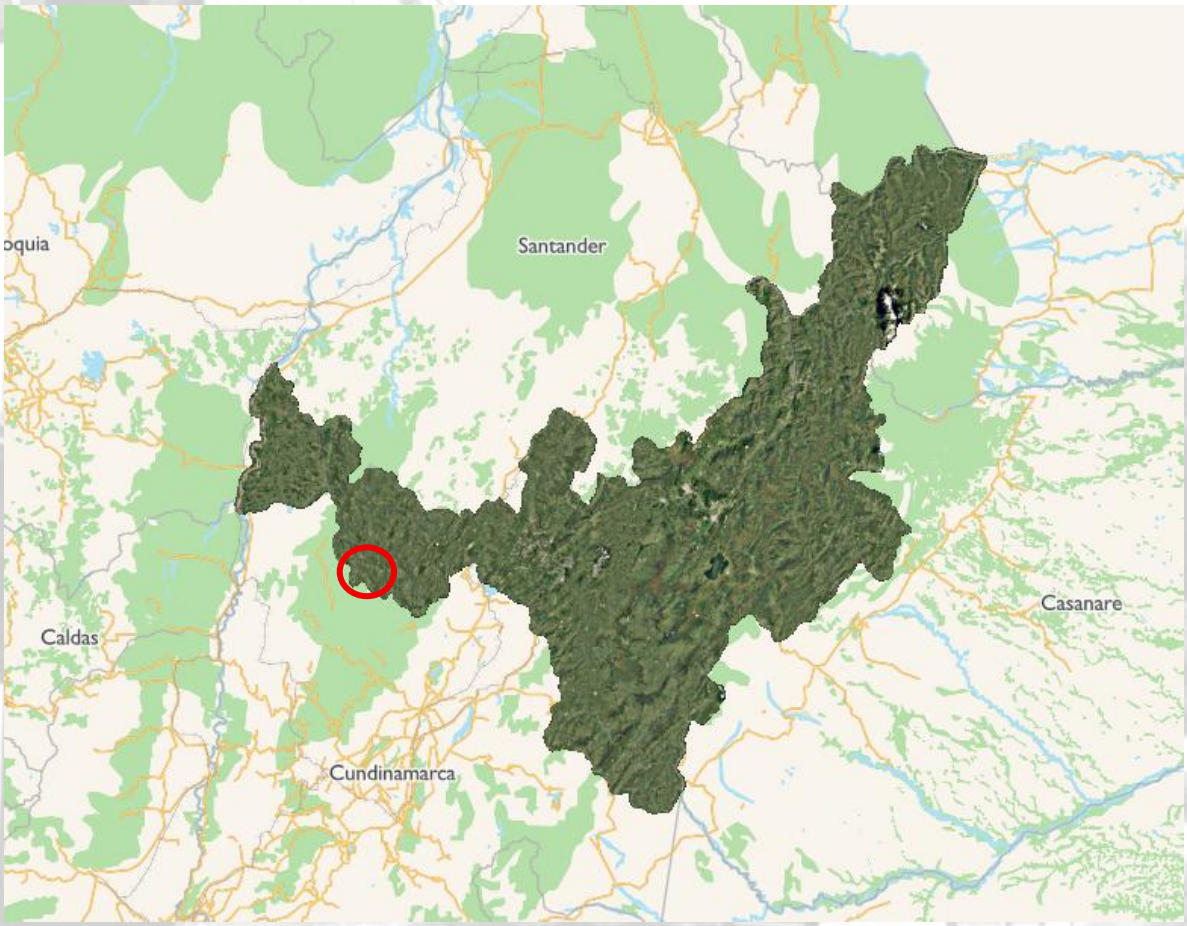
- Aumentar la accesibilidad rural hacia los cascos urbanos y centros de acopio.
- Mejorar la seguridad vial al garantizar una superficie estable en sectores de alta pendiente.
- Reducir los costos de operación vehicular y tiempos de desplazamiento.
- Promover el desarrollo socioeconómico de la población rural, al mejorar la conectividad con mercados regionales.
- Facilitar el acceso a servicios de salud, educación y abastecimiento, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los habitantes.







INDESK
Laboratorio e ingeniería SAS

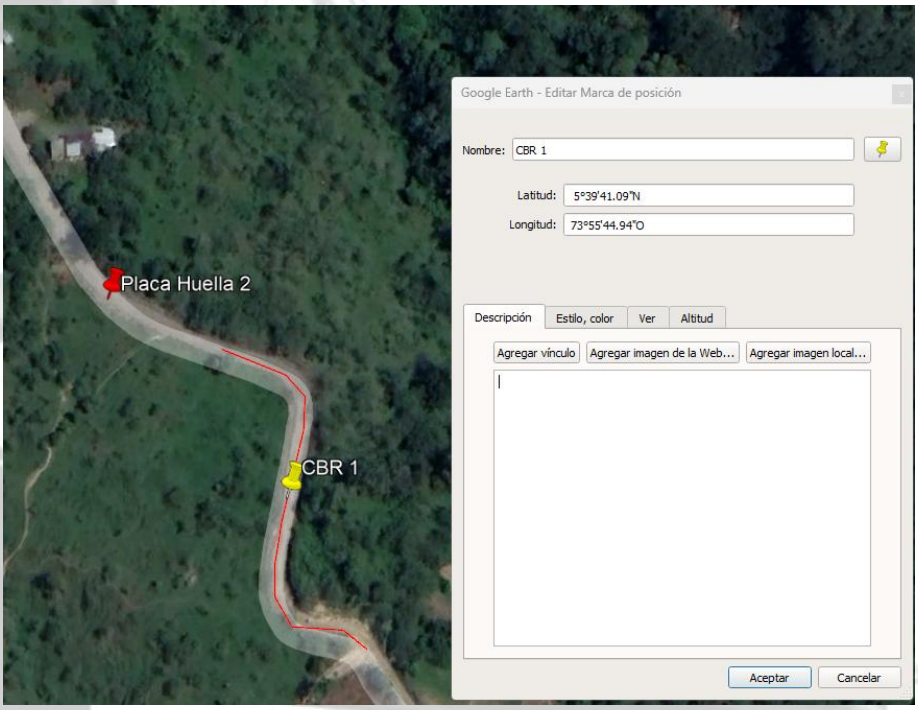


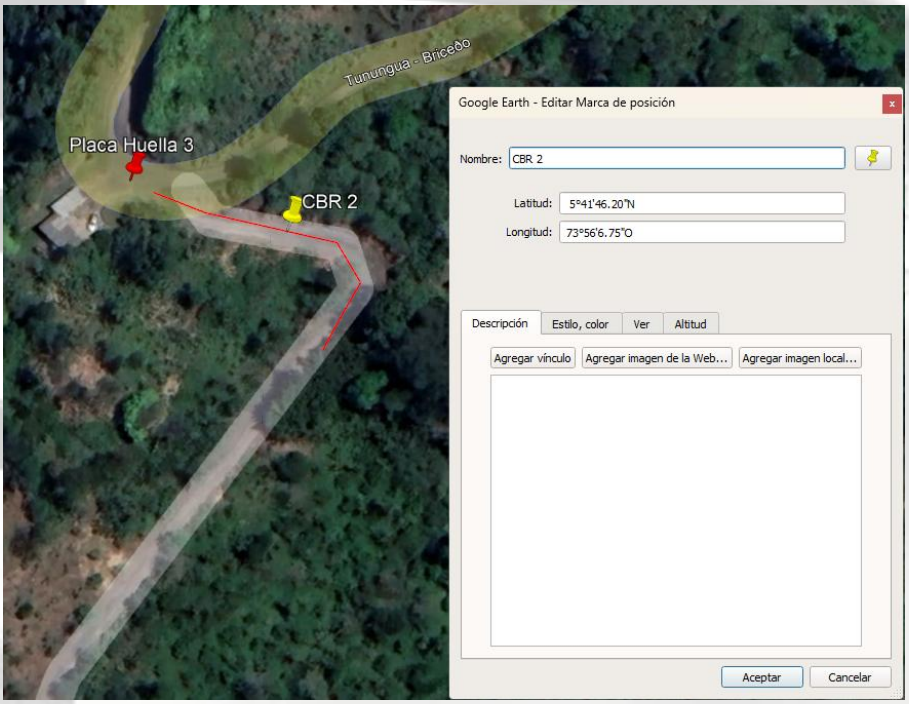



*"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."*

indeskingenieria@gmail.com 3204444700








*"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."*

indeskingenieria@gmail.com 3204444700



### 4.1. Descripción Física del Proyecto

El proyecto de mejoramiento vial en el **municipio de BRICEÑO, Boyacá**, comprende la intervención sobre la vía principal que atraviesa el municipio, con el objetivo de optimizar la geometría del corredor, garantizar seguridad vehicular y mejorar la capacidad de drenaje ante eventos de lluvia.

#### 4.1.1. Terreno y Topografía

El terreno del municipio presenta características montañosas típicas de la cordillera Oriental, con pendientes moderadas a fuertes en algunos tramos y valles intermedios. Estas condiciones topográficas influyen directamente en la definición de pendientes longitudinales de la vía, diseño de curvas horizontales y verticales, así como en la ubicación de estructuras de drenaje para controlar escorrentías y erosión.

#### 4.1.2. Suelos y Cobertura

Los suelos predominantes en la zona son **arcillosos y limosos**, con presencia de material rocoso en sectores de pendientes más pronunciadas. La cobertura vegetal incluye áreas de pastizales y bosques dispersos, que contribuyen a la infiltración del agua y reducen la velocidad superficial de escorrentía. El conocimiento de estas características es fundamental para dimensionar correctamente las cunetas, alcantarillas y otras estructuras de drenaje.

#### 4.1.3. Hidrología y Drenaje

El municipio está atravesado por pequeñas quebradas y arroyos que alimentan la red hídrica local. La precipitación promedio anual es significativa, lo que hace necesario diseñar sistemas de drenaje que permitan la evacuación eficiente de aguas pluviales, minimizando riesgos de inundación y deterioro de la calzada. Se contempla la instalación de cunetas revestidas y sumideros en puntos críticos, así como la protección de taludes para reducir la erosión.

#### 4.1.4. Infraestructura Vial Existente

La vía actual presenta secciones de calzada estrechas, con pavimento en regular estado de conservación, bordillos laterales discontinuos y falta de elementos de seguridad en algunos tramos. El proyecto propone la ampliación y mejora de la calzada, adecuación de curvas horizontales y verticales, instalación de señalización vial y mejoramiento de elementos de drenaje, buscando garantizar la seguridad y funcionalidad del corredor.

#### 4.1.5. Condiciones Climáticas

La zona presenta un clima templado con temperatura media anual de **18 °C**, y régimen de lluvias bimodal. Estas condiciones climáticas determinan la planificación de los trabajos de construcción y la selección de materiales durables que resistan la acción del agua y la variación térmica.

## 5. PARAMETROS DEL PROYECTO

### 5.1. CLASIFICACION DE CARRETERAS

#### *5.1.1. Según su funcionalidad*

Determinada según la necesidad operacional de la carretera o de los intereses de la nación en sus diferentes niveles:

### Primarias

Son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de Departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de éste con los demás países. Este tipo de carreteras pueden ser de calzadas divididas según las exigencias particulares del proyecto.

### Secundarias

Son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria. Las carreteras consideradas como Secundarias pueden funcionar pavimentadas o en afirmado.

### Terciarias

Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado.







En caso de pavimentarse deberán cumplir con las condiciones geométricas estipul adas para las vías Secundarias.

### *5.1.2. Según el tipo de terreno*

Determinada por la topografía predominante en el tramo en estudio, es decir que a lo largo del proyecto pueden presentarse tramos homogéneos en diferentes tipos de terreno.

## Terreno plano

Tiene pendientes transversales al eje de la vía menores de cinco grados (5°).

Exige el mínimo movimiento de tierras durante la construcción por lo que no presenta dificultad ni en su trazado ni en su explanación. Sus pendientes longitudinales son normalmente menores de tres por ciento (3%).

Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos.

## Terreno ondulado

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre seis y trece grados (6° - 13°). Requiere moderado movimiento de tierras durante la construcción, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales se encuentran entre tres y seis por ciento (3% - 6%).

Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos livianos, sin que esto los lleve a operar a velocidades sostenidas en rampa por tiempo prolongado.

## Terreno montañoso

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre trece y cuarenta grados (13° - 40°). Generalmente requiere grandes movimientos de tierra durante la construcción, razón por la cual presenta dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendiente s longitudinales predominantes se encuentran entre seis y ocho por ciento (6% - 8%).

Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a velocidades sostenidas en

rampa durante distancias considerables y en oportunidades frecuentes.

## Terreno escarpado

Tiene pendientes transversales al eje de la vía generalmente superiores a cuarenta grados (40°). Exigen el máximo movimiento de tierras durante la construcción, lo que acarrea grandes dificultades en el trazado y en la explanación, puesto que generalmente los alineamientos se encuentran definidos por divisorias de aguas. Generalmente sus pendientes longitudinales son superiores a ocho por ciento (8%).

Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que en aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas y en oportunidades frecuentes.

***"Nota: De acuerdo con lo descrito anteriormente el camino se clasifica según su funcionalidad como una vía RURAL URBANA y según el tipo de terreno, como un terreno Escarpado "***

### 5.1.3. VELOCIDAD

La velocidad es uno de los más importantes factores que los viajeros consideran al seleccionar entre medios de transporte o entre alternativas de rutas. La calidad de un medio de transporte al movilizar personas o mercancías se juzga por su eficiencia y economía, los cuales están directamente relacionados con la velocidad. La velocidad de los vehículos en una vía depende, además de las capacidades de los conductores y de sus vehículos, de cuatro condiciones generales: de las características físicas de la carretera y de sus zonas aledañas, del clima, de la presencia de otros vehículos y de las limitaciones a la velocidad (sean legales o debidas a aparatos de control). Aunque alguno de estos pueda ser determinante, el efecto de todos generalmente se combina.

El objetivo de diseño de cualquier obra de ingeniería que va a ser usada por el público es el de satisfacer la demanda por el servicio de la manera más segura y económica. La obra debe, por tanto, amoldarse a casi toda la demanda con razonable idoneidad y no

fallar bajo una carga severa o extrema. Al aplicar este principio al diseño de carreteras, en especial a lo referente a las demandas de velocidad, debe pensarse en una velocidad que satisfaga a casi todos los conductores. Solo un pequeño porcentaje de conductores viaja a muy altas velocidades y no es económicamente posible diseñar para ellos. Pueden ellos usar la vía, por supuesto, pero deben viajar a velocidades algo menores que las que consideran deseables. De otro lado, la velocidad escogida para diseñar no debe ser la que llevan los conductores bajo condiciones desfavorables, como bajo un clima inclemente, porque la vía sería insegura para los conductores bajo condiciones favorables y no satisfaría razonablemente la demanda.

De las distintas medidas de la velocidad las que se utilizan en el diseño geométrico son las cinco siguientes:

⇒ Velocidad de diseño: Cuando se proyecta una vía lo ideal sería mantener constante la velocidad de diseño durante la mayor longitud posible. Como esta condición puede ser difícil mantenerla, se recomiendan tramos mínimos de 2 kilómetros para una misma velocidad de diseño y además que entre tramos sucesivos no se presenten diferencias por encima de 20 Km/h.

⇒ Velocidad especifica: Se puede definir como la máxima velocidad que puede mantenerse a lo largo de un elemento específico de la vía, en condiciones de seguridad y comodidad, con el pavimento húmedo y las llantas en buen estado, y de modo que las condiciones meteorológicas, del tránsito y sus controles no impongan limitaciones a la velocidad. Aunque se tenga una velocidad de diseño para un tramo de carretera las velocidades que se presentan varían de acuerdo a los radios de las curvas.

⇒ Velocidad de operación: Se entiende como velocidad de operación de un determinado tramo de carretera, la velocidad segura y cómoda a la que un vehículo aislado circularía por él, de modo que la velocidad no sea condicionada por factores como la intensidad de tránsito o la meteorología, es decir, asumiendo un determinado nivel de velocidad en función solamente de las características físicas de la vía.

⇒ Velocidad de recorrido: Conocida también como velocidad de viaje, se obtiene dividiendo la distancia recorrida por un vehículo, desde el principio al fin del viaje, entre el tiempo total que se emplea en recorrerla. En este tiempo se incluyen todas aquellas demoras operacionales debido a las condiciones del tránsito y los dispositivos de control, es decir todos los eventos ajenos a la voluntad del conductor.







INDESK
Laboratorio e ingeniería SAS

⇒ Velocidad de marcha: Denominada también velocidad de crucero, se calcula al dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento, bajo las condiciones existentes del tránsito, características físicas de la vía y los dispositivos de control. Es una medida de la calidad del servicio que una vía proporciona a los conductores, y varía durante el día principalmente por la variación de los volúmenes de tránsito. La velocidad se define entonces a partir de diferentes factores entre los cuales tenemos:

- Importancia o categoría de la vía.
- Volúmenes esperados
- Las condiciones topográficas y su homogeneidad
- Disponibilidad de recursos económicos

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

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

***"Nota: de acuerdo a la tabla 2.1 de manual de diseño geométrico de carreteras del Instituto Nacional del Vías se define para una vía Rural - urbana con un tipo de terreno Escarpado, una velocidad de diseño del tramo homogéneo de 30 km/h, para el proyecto objeto de estudio."***

### 5.1.4. Vehículo de Diseño

En el diseño de una vía es necesario tener en cuenta las características físicas de los vehículos que han de utilizarla durante su vida útil. Se requiere entonces de estudios previos que permitan determinar qué tipos de vehículos, y en qué proporción, circularán por esta. Dada la gran variedad existente de vehículos al hacer dichos estudios es conveniente agruparlos por clases y establecer medidas representativas de cada clase. De este modo la gran variedad de vehículos puede ser reducida a unas cuantas clases. Cada una de estas clases conforma lo que se llama un Vehículo de diseño. Los vehículos de diseño son vehículos automotores seleccionados por el peso, las dimensiones y las



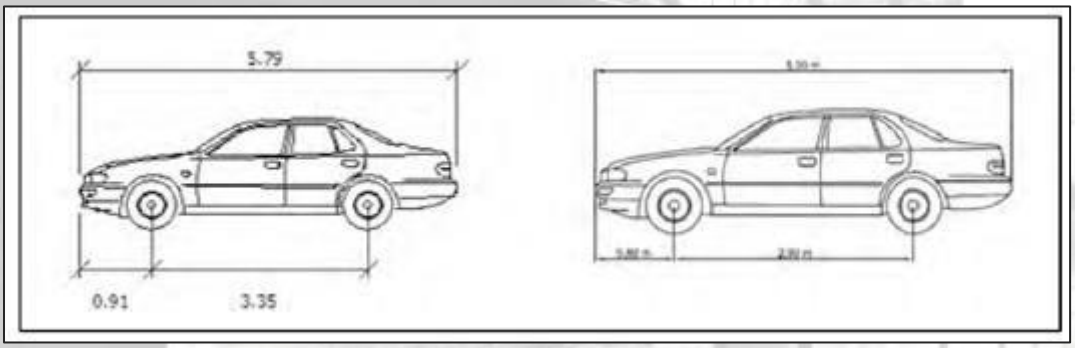




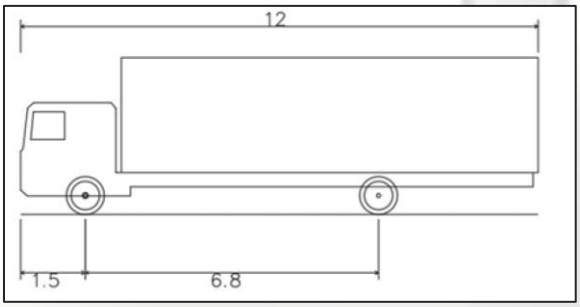
características de operación que se usan para establecer los parámetros del diseño de la vía por la cual circulará tal clase de vehículos. Para efectos del diseño geométrico cada vehículo de diseño tiene dimensiones más desfavorables que la de casi todos los vehículos de su clase.

Para efectos del diseño geométrico se adopta la siguiente clasificación, en concordancia con lo estipulado por el Ministerio de Transporte en la Resolución 4100 del 28 de diciembre de 2004.

Vehículos livianos con menos de cinco toneladas (5.0 T) de capacidad tales como automóviles, camionetas y camperos.




Vehículos pesados con más de cinco toneladas (5.0 T) de capacidad como buses y vehículos de transporte de carga.




Particularmente los vehículos livianos inciden en las velocidades máximas, en las distancias de visibilidad de parada y distancias de visibilidad de adelantamiento, entras

que los vehículos pesados (buses y vehículos de carga) lo hacen en la pendiente longitudinal y en la longitud crítica de pendiente.

### 5.1.5. NOMENCLATURA

En la Tabla 2 se presentan los vehículos de diseño adoptados en el presente diseño. Es pertinente indicar que para efectos de los radios de giro requeridos en el diseño de enlaces en intersecciones y sobre ancho en curvas de radios reducidos se consideró que el vehículo articulado 3S2 representa adecuadamente los vehículos 3S2 y 3S3.

| CATEGORÍA | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| Vehículo liviano | - |
| Bus mediano | - |
| Bus grande | - |
| 2 | Camión de dos (2) ejes - Camión sencillo |
| 3 | Camión de tres (3) ejes – Doble troque |
| 3S2 | Tractocamión de tres (3) ejes con Semirremolque de dos (2) ejes |

### 5.1.6. DIMENSIONES Y TRAYECTORIAS DE GIRO

Los radios mínimos de giro de un vehículo que se deben tener en cuenta en el diseño geométrico de las calzadas son: la trayectoria de la proyección delantera exterior del ancho del vehículo, la trayectoria de la rueda interior trasera y el radio mínimo de giro del eje central del vehículo. Las dos primeras trayectorias (exterior e interior) definen un espacio mínimo absoluto al realizar un giro de 180°, espacio que es indispensable controlar en el diseño de las calzadas de enlace en intersecciones y retornos y en el cálculo de sobre anchos. Las principales dimensiones se resumen en la Tabla siguiente:

| CATEGORÍA | LONGITUD TOTAL (m) | ANCHO (m) | LONGITUD TRACTOCAMIÓN (m) | LONGITUD SEMIRREMOLQUE (m) | FIGURA No. |
|---|---|---|---|---|---|
| Vehículo liviano | 5.00 | 1.80 | - | - | 1 |
| Bus mediano | 10.91 | 2.44 | - | - | 2 |
| Bus grande | 13.00 | 2.60 | - | - | 3 |
| 2 | 11.00 | 2.50 | - | - | 4 |
| 3 | 11.40 | 2.50 | - | - | 5 |
| 3S2 | 20.89 | 2.59 | 4.57 | 14.63 | 6 |

### 5.1.7. DISTANCIAS DE VISIBILIDAD

Una de las características más importantes que debe ofrecer el trazado de una vía al conductor de un vehículo es la posibilidad de ver hacia adelante, tal que le permita realizar una circulación segura y eficiente. La distancia de visibilidad se define como la longitud continua de carretera que es visible hacia adelante por el conductor de un vehículo que circula por ella. De acuerdo con estos criterios se deberán tener en cuenta en el diseño de la vía tres tipos de distancias de visibilidad, las cuales se presentan en los numerales siguientes:

### 5.1.8. DISEÑO DE VISIBILIDAD DE PARADA (DP)

Se considera como distancia de visibilidad de parada de un determinado punto de una vía, 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 (VCH, VETH, VCV o VTV) en el cual se quiere verificar esta distancia de visibilidad.

La longitud requerida para detener el vehículo será la suma de dos distancias: la distancia recorrida durante un tiempo de percepción y reacción y la distancia recorrida durante el frenado.

La distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción (adoptado en dos y medio segundos (2.5 s) para efectos del proyecto) se mide desde el momento en que se hace visible el obstáculo hasta el instante en los frenos. En esta distancia se supone que el vehículo circula con movimiento uniforme a la velocidad específica del elemento.

La distancia recorrida durante el frenado se mide desde la aplicación de los frenos hasta el momento en que el vehículo se detiene totalmente, circulando con movimiento uniformemente desacelerado con velocidad inicial igual a la velocidad específica del elemento. El valor de la desaceleración asumida es tal que no implica el bloqueo de las llantas al realizar el trabajo de frenado, aun en condiciones de pavimento húmedo. Este estudio fue realizado por la AASHTO y presentado en el Manual de Diseño Geométrico de AASHTO – 2004.

La distancia de visibilidad de parada para pavimentos húmedos se calcula mediante la siguiente expresión:

$$D_P = 0.695 \times V_e + \frac{V_e^2}{87.18}$$

Donde:

DP: Distancia de Visibilidad de parada, en metros.

Ve: Velocidad Específica del elemento sobre el cual se ejerce la maniobra de frenado (VCH, VETH, VCV o VTV), en km/h.

En la Tabla 4, se presentan los valores recomendados para las distancias mínimas de visibilidad de parada para diferentes velocidades de diseño, para tramos de rasantes a nivel (pendiente = 0%).

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

***"Nota: Se utilizarán como guías para el cálculo de la distancia de visibilidad de parada los valores indicados en el Manual del INVIAS que se presentan en la Tabla 4; por lo tanto, para una velocidad de diseño de 30 km/h la distancia de visibilidad de parada es de 35 m. "***

Para carreteras con pendientes de rasante superiores a tres por ciento (3%), tanto en ascenso (+p) como en descenso (-p), se deberán realizar las correcciones necesarias a las distancias de visibilidad de parada dadas en la Tabla 4 para tramos a nivel. Con la







siguiente ecuación se puede calcular la distancia recorrida durante el frenado (d) afectada por la pendiente de la rasante.

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

Dónde;

d: Distancia recorrida durante el trabajo de frenado, en metros.

p: Pendiente de la rampa, en porcentaje

La distancia corregida de visibilidad de parada en tramos con pendientes mayores a tres por ciento (3%) es:

$$D_P = 0.695 \times V_e + d$$

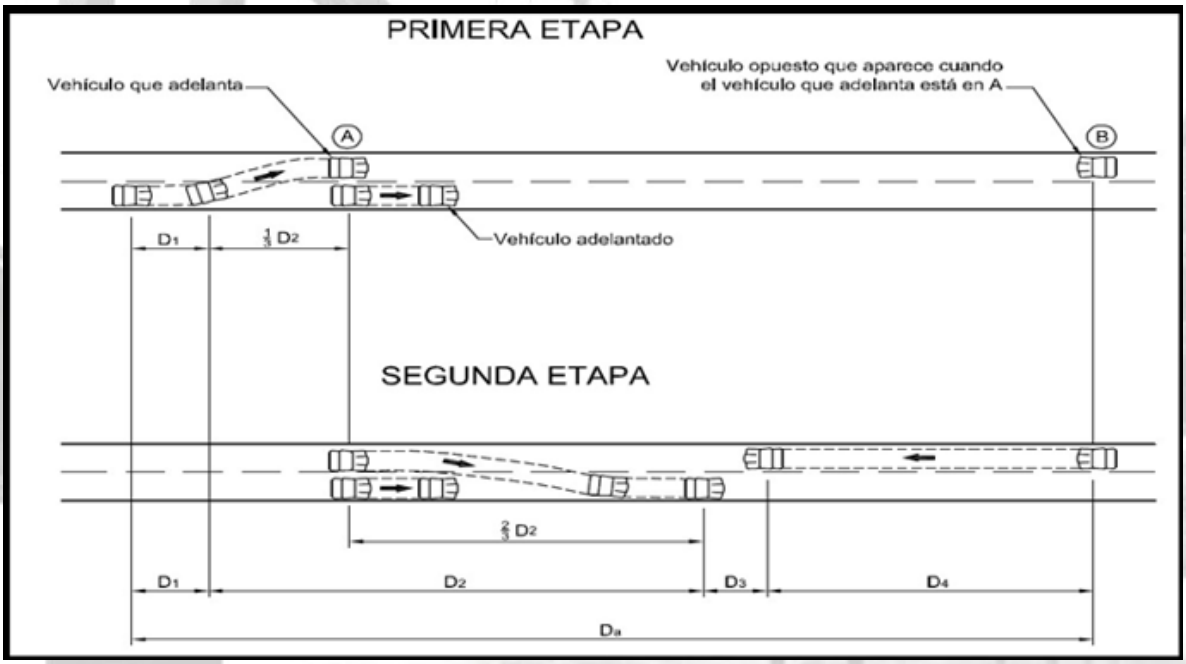
En la Tabla 5 se indican las distancias de visibilidad de parada en tramos con pendientes mayores a tres por ciento (3%).

| VELOCIDAD ESPECÍFICA Ve (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 |

### 5.1.9. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO (DA)

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.




La distancia de visibilidad de adelantamiento se determina como la suma de cuatro distancias, así:

$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

Dónde:

Da: Distancia de visibilidad de adelantamiento, en metros.

D1: Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción, en metros.

D2: Distancia recorrida por el vehículo que adelanta durante el tiempo desde que invade el carril del sentido contrario hasta que regresa a su carril, en metros.

D3: Distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo que adelanta y el vehículo que viene en la dirección opuesta, en metros.

D4: Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto (estimada en 2/3 de D2), en metros.

| Velocidad de diseño Vd (Km/h) | Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento Da (m) |
|---|---|
| *30* | *150* |
| 40 | 200 |
| 50 | 250 |
| 60 | 300 |
| 70 | 350 |
| 80 | 400 |
| 90 | 450 |
| 100 | 500 |

Se debe procurar obtener la máxima longitud posible en que la visibilidad de adelantamiento sea superior a la mínima de la tabla anterior. Por lo tanto, como norma de diseño, se debe proyectar, para carreteras de dos carriles dos sentidos, tramos con distancia de visibilidad de adelantamiento, de acuerdo con la velocidad del elemento en que se aplica.

*"Nota: Se utilizarán como guías para el cálculo de la distancia de visibilidad de adelantamiento la Ilustración 4 y los valores indicados en el Manual del INVIAS que se presentan en la Tabla 6; por lo tanto, para una velocidad de 30 Km/h la distancia mínima de visibilidad de adelantamiento es de 150 m. "*

### 5.1.10. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE CRUCE (DC)

La presencia de intersecciones urbanas a nivel hace que potencialmente se puedan presentar una diversidad de conflictos entre los vehículos que circulan por una y otra calzada. La posibilidad de que estos conflictos ocurran puede ser ampliamente reducida mediante la provisión apropiada de distancias de visibilidad de cruce y de dispositivos de control acordes.







El conductor de un vehículo que se aproxima por la calzada principal a una intersección a nivel debe tener visibilidad, libre de obstrucciones, de toda la intersección y de un tramo de la calzada secundaria de suficiente longitud que le permita reaccionar y efectuar las maniobras necesarias para evitar una colisión.

La distancia mínima de visibilidad de cruce considerada como segura, bajo ciertos supuestos sobre las condiciones físicas de la intersección y del comportamiento del conductor, se halla relacionada directamente con la velocidad de los vehículos y las distancias recorridas durante el tiempo percepción - reacción y el correspondiente de frenado.

Por lo anterior, en las intersecciones a nivel deberá existir visibilidad continua a lo largo de las calzadas que se cruzan, incluyendo sus esquinas, que les permita a los conductores que simultáneamente se aproximan, verse mutuamente con la debida anticipación y así evitar colisiones. Ante una situación de éstas, el conductor que circula por la calzada secundaria deberá tener la posibilidad de disminuir la velocidad y parar en la intersección con la calzada principal.

Las relaciones entre el espacio, el tiempo y la velocidad, definen el triángulo de visibilidad requerido, libre de obstrucciones, o el establecimiento de las modificaciones necesarias en la velocidad de aproximación a los accesos cuando se usa un triángulo de visibilidad de dimensiones menores a la requerida. El triángulo de visibilidad en la aproximación a los accesos de una intersección se muestra en la Ilustración 5. Por lo tanto, cualquier objeto ubicado dentro del triángulo de visibilidad, lo suficientemente alto, que se constituya en una obstrucción a la visibilidad lateral, deberá ser removido.

Por otra parte, después de que un vehículo se ha detenido en el acceso de una intersección por la presencia de una señal de "PARE", su conductor deberá tener la suficiente distancia de visibilidad para realizar una maniobra segura a través del área de la intersección, ya sea para cruzar de frente la calzada principal o para girar a la derecha o a la izquierda sobre ella.

Simultáneamente se deberá proveer la suficiente distancia de visibilidad a los conductores que viajan sobre la calzada principal, la cual deberá ser al menos igual a la







distancia que recorre el vehículo sobre la calzada principal durante el tiempo que le toma al vehículo de la calzada secundaria realizar su maniobra de cruce o giro.

La Ilustración 5 muestra el triángulo de visibilidad requerido bajo esta condición.




INTERSECCIÓN CON SEÑAL DE PARE EN LA CALZADA SECUNDARIA

La distancia de visibilidad para una maniobra de cruce de la calzada principal por un vehículo detenido en la calzada secundaria, está basada en el tiempo que le toma a este vehículo en despejar la intersección, y la distancia que recorre un vehículo sobre la calzada principal a la velocidad de diseño durante el mismo tiempo.

La distancia mínima de visibilidad de cruce necesaria a lo largo de la calzada principal se debe calcular mediante la siguiente expresión:

$$d = 0.278 \times V_e \times (t_1 + t_2)$$

Dónde:

d: Distancia mínima de visibilidad lateral requerida a lo largo de la calzada principal, medida desde la intersección, en metros.

Corresponde a las distancias d1 y d2 de la Ilustración 5. Ve: Velocidad Específica de la calzada principal, en km/h.

Corresponde a la Velocidad específica del elemento de la calzada principal inmediatamente antes del sitio de cruce.

t1: Tiempo de percepción – reacción del conductor que cruza, adoptado en dos y medio segundos (2.5 s).

t2: Tiempo requerido para acelerar y recorrer la distancia S, cruzando la calzada principal, en segundos.

En t1 está incluido el tiempo necesario para que el conductor de un vehículo detenido por el "PARE" sobre la vía secundaria vea en ambas direcciones sobre la vía principal y deduzca si dispone del intervalo suficiente para cruzarla con seguridad y para que engrane su velocidad, previamente al arranque.

El tiempo t2 necesario para recorrer la distancia S depende de la aceleración de cada vehículo. La distancia S se calcula como la suma de:

$$S = D + W + L$$

Dónde:

D: Distancia entre el vehículo parado y la orilla de la calzada principal, adoptada como tres metros (3.0 m).

W: Ancho de la calzada principal, en metros. L: Longitud total del vehículo, en metros.

Por lo tanto, el valor de t2, se debe obtener de la expresión:

$$t_2 = \sqrt{\frac{2 \times (D + W + L)}{9.8 \times a}}$$

Dónde:

D: Tres metros (3.0 m).

W: Ancho de la calzada principal o anchura del total de carriles, en metros.

L: Depende del tipo de vehículo, así:







- 20.89 m para vehículos articulados (tracto camión son semirremolque).
- 11.00 m para camión de dos ejes
- 5.00 m para vehículos livianos

a: Aceleración del vehículo que realiza la maniobra de cruce, en m/s2.

- 0.055 para vehículos articulados.
- 0.075 para camiones de dos ejes (2).
- 0.150 para vehículos livianos.

En la Tabla 7 se presentan las distancias mínimas de visibilidad, requeridas para cruzar con seguridad la intersección en ángulo recto de una calzada principal y dos sentidos de circulación, partiendo desde la posición de reposo en la calzada secundaria ante una señal de "PARE" u otro tipo de señalización, para diferentes tipos de vehículos.

| VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA CALZADA PRINCIPAL km/h | DISTANCIA A LO LARGO DE LA VÍA PRINCIPAL A PARTIR DE LA INTERSECCIÓN $d_1$, $d_2$ | | |
|---|---|---|---|
| | TIPO DE VEHÍCULO QUE REALIZA EL CRUCE | | |
| | LIVIANO L=5.00 m | CAMIÓN DE DOS EJES L=11.00 m | TRACTO CAMIÓN DE TRES EJES CON SEMIRREMOLQUE DE DOS EJES L=20.89 m |
| 40 | 80 | 112 | 147 |
| 50 | 100 | 141 | 184 |
| 60 | 120 | 169 | 221 |
| 70 | 140 | 197 | 258 |
| 80 | 160 | 225 | 295 |
| 90 | 180 | 253 | 332 |
| 100 | 200 | 281 | 369 |

En la tabla 8 se presentan las distancias mínimas de visibilidad, requeridas para cruzar con seguridad la intersección en ángulo recto de una calzada principal y dos sentidos de circulación, partiendo desde la posición de reposo en la calzada secundaria sin ningún dispositivo de "PARE" u otro tipo de señalización, para diferentes tipos de vehículos.

| Velocidad de diseño | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Distancia recorrida (m) | 25 | 40 | 55 | 75 | 95 | 125 |

***"Nota: Se utilizarán como guía para el cálculo de la distancia de visibilidad de cruce los valores indicados en el Manual del INVIAS que se presentan en la tabla 8***



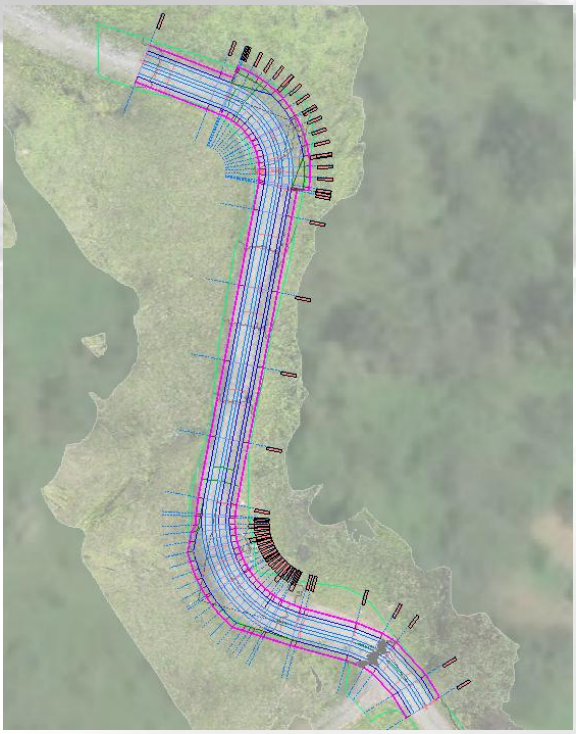




*asumiendo que no se cuenta con ningún dispositivo de control; por lo tanto, para una velocidad de 30 Km/h la distancia mínima de visibilidad de cruce es de 25m."*

## 6. DISEÑO EN PLANTA DEL EJE DE LA CARRETERA





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

## 6.1. Alineamiento Horizontal

El alineamiento horizontal está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y curvas de grado de curvatura variable que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente. El alineamiento horizontal debe permitir una operación segura y cómoda a la velocidad de diseño.

## 6.2. Peralte Máximo Y Radio Mínimo

El Peralte es la inclinación transversal en relación con la horizontal, que se da a la calzada hacia el interior de la curva, para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo que transita por un alineamiento en curva.

| 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 |







*"Nota: De acuerdo al manual de diseño geométrico del INVIAS, el peralte para vías Rurales - urbanas se correlaciona con la velocidad especifica de diseño y el radio de curvatura, definiendo un peralte máximo del 8%."*

*El Radio mínimo de curvatura*: es el valor límite de éste para una determinada velocidad de diseño calculado según el máximo coeficiente de fricción y el mayor peralte adoptado para cada velocidad.

El coeficiente de fricción está determinado 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 Tabla 10.

| VELOCIDAD | COEFIC. DE FRICCIÓN TRANSVERSAL MÁXIMA fTmáx |
|---|---|
| 20 | 0.35 |
| 30 | 0.28 |
| 40 | 0.23 |
| 50 | 0.19 |
| 60 | 0.17 |
| 70 | 0.15 |
| 80 | 0.14 |
| 90 | 0.13 |
| 100 | 0.12 |
| 110 | 0.11 |
| 120 | 0.09 |
| 130 | 0.08 |

El radio mínimo se calcula de acuerdo con el criterio de seguridad ante el deslizamiento mediante la aplicación de la ecuación de equilibrio:







$$R_{Cmín} = \frac{(V_{CH})^2}{127 \times (e_{máx} + f_{Tmáx})}$$

Dónde:

Rmin = Radio mínimo absoluto VCH = Velocidad especifica (Km/h)

emax= peralte máximo asociado a VCH, en tanto por uno

fmax= coeficiente de fricción lateral máximo, asociado a VCH.

(fTmáx) = Coeficiente de fricción Transversal.

En las Tablas 11 se indican los valores de Radio mínimo para diferentes Velocidades Específicas (VCH) según el peralte máximo (emáx) y la 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 |
| 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 |

*"Para la determinación del peralte máximo y radio mínimo se adoptan las recomendaciones del manual del INVIAS; teniendo en cuenta la disponibilidad de espacio y los radios de vías existentes se fija un peralte máximo del 6%, al cual le corresponde un radio mínimo de 21m para los sectores con velocidad de diseño de 30 Km/hora."*

### 6.3. TRANSICIÓN DEL PERALTE

Las longitudes de transición se consideran a partir del punto donde el borde exterior del pavimento comienza a elevarse partiendo de un bombeo normal, hasta el punto donde







se forma el peralte total de la curva. La longitud de transición está constituida por dos tramos principales:

1) la distancia (N) necesaria para levantar el borde exterior, del bombeo normal a la nivelación con el eje de la vía, llamado aplanamiento.

2) la distancia (L) necesaria para pasar de este punto al peralte total en la curva circular. La longitud total de transición se define mediante la siguiente expresión:

$$Lt = L + N$$

$$N = \frac{BN \times L}{e_f}$$

Dónde:

Lt: Longitud total de transición, en metros.

L: Longitud del punto donde el peralte es cero al punto del peralte total en la curva circular, en metros. N: Aplanamiento, en metros.

BN: Bombeo normal (vía pavimentada BN = 2%) ef: Peralte total, en porcentaje (%)

### 6.4. RAMPA DE PERALTES Y LONGITUD DE TRANSICIÓN DE PERALTADO

La rampa de peraltes es la diferencia relativa que se presenta entre la pendiente longitudinal del eje y la pendiente longitudinal del borde de la vía en el sector donde se realiza la transición del peraltado, sus valores límites permiten determinar el rango de longitud en el que se debe hacer la transición del bombeo normal al peralte de la curva, según la tabla 12 el valor máximo es 1,28 para velocidades de diseño de 30km/hora, mientras que el valor mínimo corresponde al 10% del ancho de la semi-banca.

| 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 | |

*"Para la determinación de la pendiente máxima y mínima se adoptan las recomendaciones del manual del INVIAS; para los sectores con velocidad de diseño de 30 Km/hora, se maneja una pendiente máxima de 1.28 % y una pendiente mínima dependiendo del ancho de la calzada donde se especificará en los planos."*

### 6.5. LONGITUD DE TRANSICIÓN DEL PERALTE

Para llevar a cabo el cambio de la sección transversal de una vía en tangente, cuya inclinación se denomina bombeo, a la sección transversal con el peralte requerido en una curva, se necesita establecer o diseñar una transición entre estas dos.

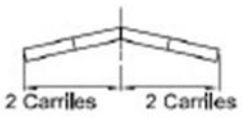
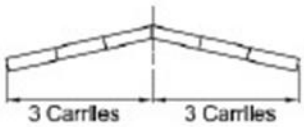
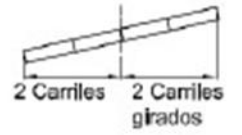
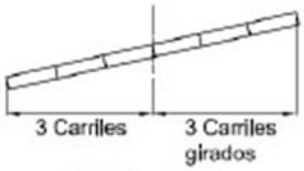
Se llama longitud de transición, o simplemente transición, a la distancia en que se efectúa el cambio de la sección normal en tangente a la sección con peralte pleno en la curva. Dicha transición está compuesta por dos distancias.

En la Ilustración 7 Se presenta la sección transversal de la vía para cada uno de los puntos definidos en el esquema anterior y considerando si es una curva izquierda o derecha.

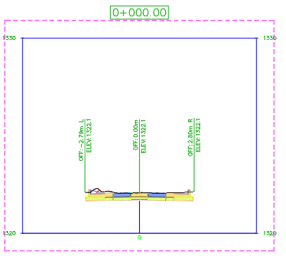






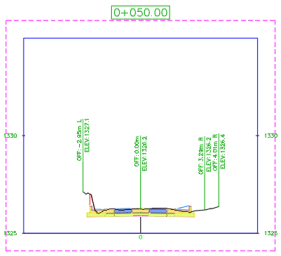
| Rotación de un (1) carril | Rotación de dos (2) carriles | Rotación de tres (3) carriles |
|---|---|---|
|  Sección en Bombeo |  Sección en Bombeo |  Sección en Bombeo |
|  Sección girada |  Sección girada |  Sección girada |

## 7. DISEÑO EN PERFIL DEL EJE DE LA CARRETERA




| Total Volume at Station 0+000.00 | |
|---|---|
| Cut Area | 2.06 |
| Fill Area | 0.00 |
| Cut Vol | 0.00 |
| Fill Vol | 0.00 |
| Cum Cut Vol | 0.00 |
| Cum Fill Vol | 0.00 |
| Net Vol | 0.00 |

| Material(s) at Station 0+000.00 | | | |
|---|---|---|---|
| Material Name | Area | Volume | Cumulative Volume |
| CONCRETO 3000 PSI | 0.36 | 0.00 | 0.00 |
| CICLOPEO 60/40 | 0.36 | 0.00 | 0.00 |
| SUB-BASE | 0.87 | 0.00 | 0.00 |
| CUNETA 3000 PSI | 0.32 | 0.00 | 0.00 |




| Total Volume at Station 0+050.00 | |
|---|---|
| Cut Area | 1.70 |
| Fill Area | 0.00 |
| Cut Vol | 17.39 |
| Fill Vol | 0.00 |
| Cum Cut Vol | 94.62 |
| Cum Fill Vol | 0.00 |
| Net Vol | 94.62 |

| Material(s) at Station 0+050.00 | | | |
|---|---|---|---|
| Material Name | Area | Volume | Cumulative Volume |
| CONCRETO 3000 PSI | 0.36 | 3.60 | 18.00 |
| CICLOPEO 60/40 | 0.36 | 3.60 | 18.00 |
| SUB-BASE | 0.87 | 8.68 | 43.39 |
| CUNETA 3000 PSI | 0.32 | 3.17 | 15.86 |

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 dependan 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.







El alineamiento vertical y el alineamiento horizontal deben ser consistentes y balanceados, en forma tal que los parámetros del primero correspondan y sean congruentes con los del alineamiento horizontal. Por lo tanto, es necesario que los elementos del diseño vertical tengan la misma Velocidad Específica del sector en planta que coincide con el elemento vertical en estudio.

Lo ideal es la obtención de rasantes largas con un ajuste óptimo de curvas verticales y curvas horizontales a las condiciones del tránsito y a las características del terreno, generando un proyecto lo más económico posible tanto en su operación como para su construcción.

## 7.1. TANGENTE VERTICAL

### 7.1.1. Pendiente Mínima

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

La pendiente mínima que garantiza el adecuado funcionamiento de las cunetas debe ser de cero puntos cinco por ciento (0.5%) como pendiente mínima deseable y cero puntos tres por ciento (0.3%) para diseño en terreno plano o sitios donde no es posible el diseño con la pendiente mínima deseable como los tramos internos de la vía.

En la selección de uno de los dos valores anteriores se debe tener en cuenta el criterio de frecuencia, intensidad de las lluvias y el espaciamiento de las obras de drenaje tales como alcantarillas y aliviaderos.

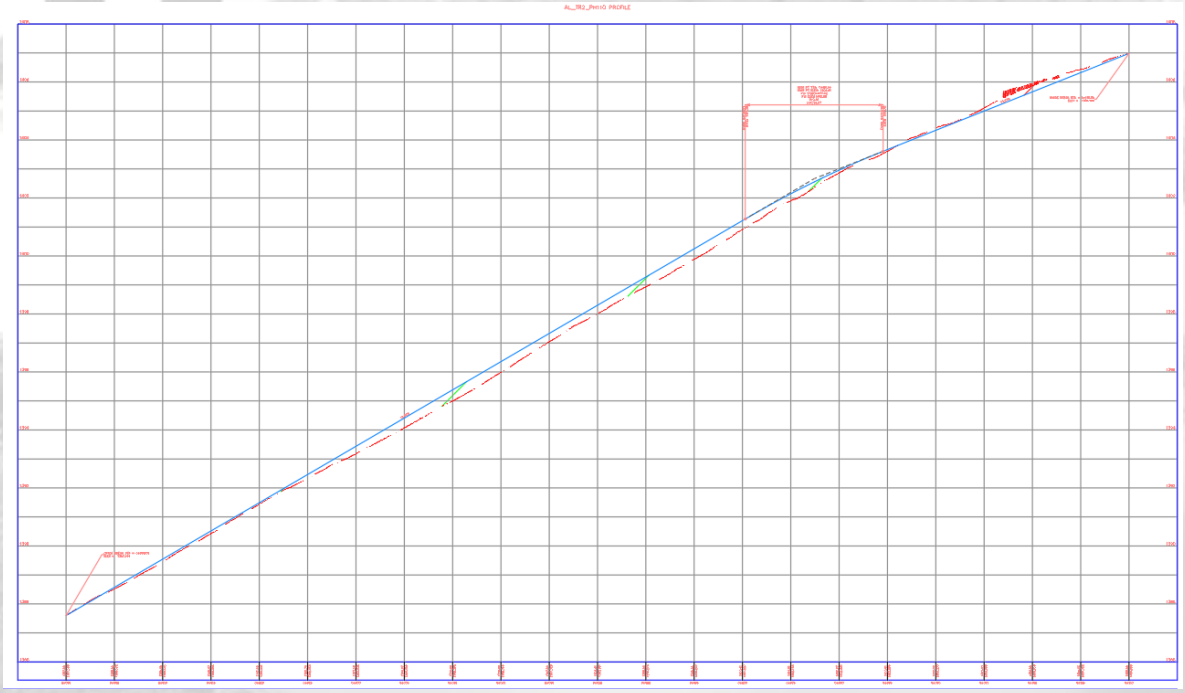
### 7.1.2. Pendiente Máxima

La pendiente máxima de una tangente vertical está en relación directa con la velocidad a la que circulan los vehículos, teniendo en dicha velocidad una alta incidencia el tipo de vía que se desea diseñar.

Como se tratan de vías terciaria de terreno plano las pendientes máximas se ajustan a velocidad de diseño de (30 km/h); en la tabla 13 vemos las pendientes máximas para diferentes velocidades de diseño dependiendo del tipo de vía y clase de terreno.

| TIPO DE CARRETERA | TIPO DE TERRENO | VELOCIDAD DE DISEÑO Vd (Km/h) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
| Carretera principal de dos calzadas | Plano | | | | | | | 4 | 3 | 3 | 3 |
| | Ondulado | | | | | | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| | Montañoso | | | | | | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 |
| | Escarpado | | | | | | 7 | 6 | 6 | 6 | |
| Carretera principal de una calzada | Plano | | | | | 5 | 4 | 4 | 3 | | |
| | Ondulado | | | | 6 | 6 | 5 | 5 | 4 | | |
| | Montañoso | | | | 8 | 7 | 7 | 6 | | | |
| | Escarpado | | | | 8 | 8 | 7 | | | | |
| Carretera secundaria | Plano | | | 7 | 7 | 7 | 6 | | | | |
| | Ondulado | | 11 | 10 | 10 | 9 | 8 | | | | |
| | Montañoso | | 15 | 14 | 13 | 12 | | | | | |
| | Escarpado | 15 | 14 | 13 | 12 | | | | | | |
| Carretera Terciaria | Plano | | 7 | 7 | 7 | | | | | | |
| | Ondulado | 11 | 11 | 10 | 10 | | | | | | |
| | Montañoso | 14 | 13 | 13 | | | | | | | |
| | Escarpado | 16 | 15 | 14 | | | | | | | |

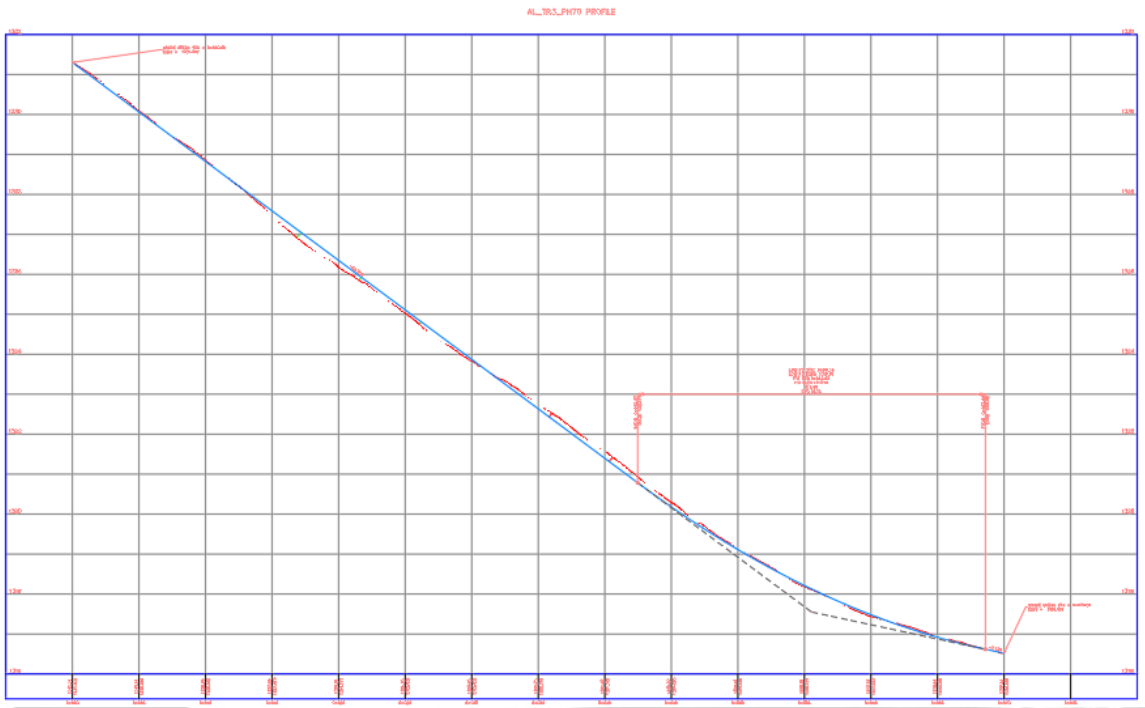
*"Nota: Como se puede observar en la anterior tabla 13, para velocidades de diseño de 30 km/h en una vía urbana y tipo de terreno Plano se define una pendiente máxima del 16%"*











SE CUMPLE

7.1.3. Longitud Mínima

La longitud mínima de las tangentes verticales con Velocidad Específica menor o igual a treinta kilómetros por hora (VTV ≤ 30 km/h) será equivalente a la distancia recorrida en siete segundos (7 s) a dicha velocidad, medida como proyección horizontal, de PIV a PIV. Las tangentes verticales con Velocidad Específica mayor a cuarenta kilómetros por hora (VTV > 30 km/h) no podrán tener una longitud menor a la distancia recorrida en diez segundos (10 s) a dicha velocidad, longitud que debe ser medida como proyección horizontal entre PIV y PIV. En la Tabla 14 se presentan los valores para diferentes Velocidades Específicas de la tangente vertical (VTV).

| 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 |

*"Nota: Para nuestro diseño según en la tabla, para una velocidad de diseño de 30 km/h la longitud mínima es de 60 m."*

7.1.4. Longitud Máxima

7.1.4.1. Longitud crítica de la tangente vertical:

El diseño del eje en perfil de la carretera debe considerar la longitud máxima de la tangente vertical. Este criterio debe ser aplicado en el desarrollo de la Fase 1, cuando se realiza el trazado de la línea pendiente, ya que es fundamental dejar habilitado el corredor para que sea congruente con la pendiente máxima y la longitud crítica de las tangentes verticales.

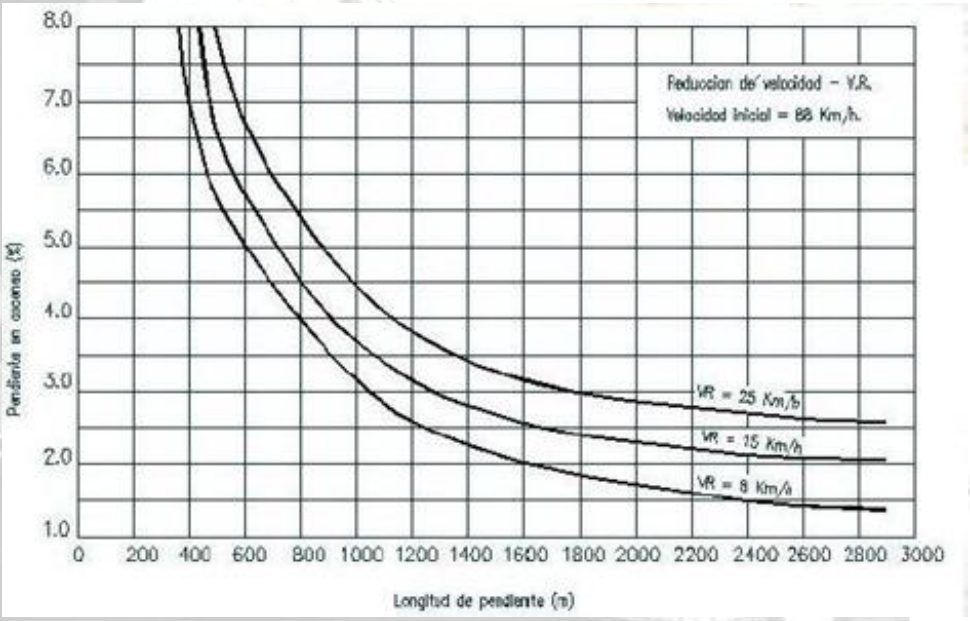
La longitud crítica de la tangente vertical se define como la máxima longitud en ascenso sobre la cual un camión puede operar sin ver reducida su velocidad por debajo de un valor prefijado. Para establecer estos parámetros es necesario considerar los siguientes aspectos:

- Relación peso/potencia del vehículo pesado de diseño.
- Velocidad media de operación de los vehículos pesados en tramos a nivel de la carretera que se diseña.
- La velocidad media de operación de los vehículos pesados se estima con base en los resultados del estudio de tránsito y de la geometría de la vía.
- Pérdida aceptable de velocidad de los vehículos pesados en la tangente vertical.
- Se considera que la Longitud crítica de la tangente vertical es aquella en la que el vehículo pesado seleccionado para el diseño sufre una reducción en su velocidad de veinticinco kilómetros por hora (25 km/h) con respecto a su velocidad media de operación en tramos a nivel de la carretera que se diseña.
- El parque de vehículos de carga que circula por las carreteras colombianas presenta en la práctica, unas características de operación que, en promedio, se pueden asimilar a las siguientes relaciones Peso/potencia:
    - Camiones de chasis rígido (Categoría 2 y Categoría 3): 150 kg/HP.
    - Camiones articulados (Categoría 3S2 y Categoría 3S3): 180 kg/HP.










*"Nota: Según en la figura anterior tenemos una longitud de pendiente de 460 m, para una velocidad de diseño de 30 km/h."*

### 7.1.5. PENDIENTE DE LA TANGENTE VERTICAL SIGUIENTE A LA DE LONGITUD CRÍTICA

La pendiente recomendable para que el vehículo pesado alcance a recuperar la velocidad inicial que tenía antes de entrar a la tangente de longitud crítica, es de uno por ciento (1%) en una longitud igual o mayor a la longitud crítica anteriormente superada.

## 7.2. CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Deben dar por resultado una vía de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas.

El punto común de una tangente y una curva vertical en su origen se denominan PCV, y PTV al punto común de la tangente y la curva al final de ésta. Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le designa como PIV, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se le representa por la letra "A".

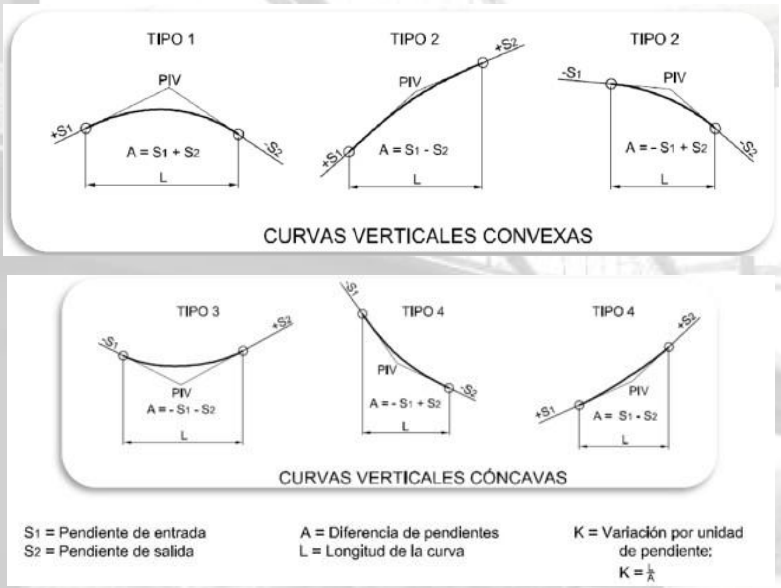






7.2.1. Tipos de curvas verticales:

Las curvas verticales se pueden clasificar por su forma como curvas verticales cóncavas y convexas y de acuerdo con la proporción entre sus ramas que las forman como simétricas y asimétricas. En la Imagen 7 se indican las curvas verticales cóncavas y convexas y las curvas verticales simétricas y asimétricas.



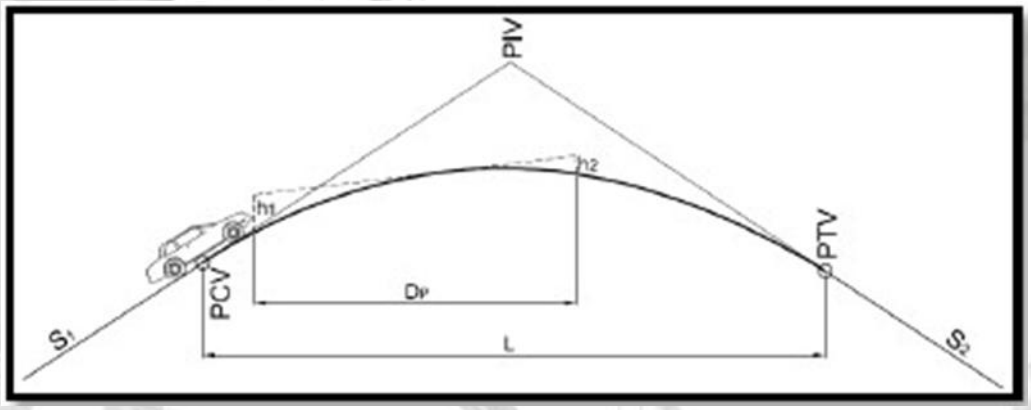

7.2.2. CURVA CONVEXA

Longitud mínima de la curva vertical convexa según el criterio de seguridad, la longitud mínima se obtiene mediante la aplicación de la Distancia de Visibilidad de Parada (DP). Se presentan dos elaciones entre la distancia de visibilidad (DP) y la Longitud de la curva (L): Cuando DP < L y DP > L. Las ecuaciones que se indican a continuación presentan la longitud de la curva para cada relación, teniendo en cuenta la altura del ojo de conductor sobre la calzada (h1), que es igual a un metro con ocho centímetros (1.08 m), y la altura del obstáculo (h2), que es igual a sesenta centímetros (0.60 m).










Cuando DP < L:

$$L_{min} = \frac{A \times (D_P)^2}{200 \times (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

Dónde:

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

DP: Distancia de visibilidad de parada, asociada a la Velocidad Específica de la curva vertical (VCV), en metros.

h1: Altura del ojo del conductor, en metros. h1 = 1.08 m. h2: Altura del obstáculo, en metros. h2 = 0.60 m.

Realizando las operaciones matemáticas tenemos:

$$L_{min} = \frac{A \times (D_P)^2}{658}$$

Cuando DP > L:

$$L_{min} = 2 \times D_P - \frac{200 \times (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$$







Reemplazando los valores de h1 y h2:

$$L_{mín} = \frac{A_X (D_P)^2}{658}$$

De los dos casos anteriores se adopta la ecuación para DP < L, debido a que genera valores mayores que cubren los valores asociados a DP > L.

El control de la distancia de visibilidad de parada (DP) también se puede hacer mediante el parámetro K, el cual es igual a la relación L/A (distancia horizontal, en metros necesaria para tener un cambio de pendiente de uno por ciento (1%) a lo largo de la curva). Lo anterior se traduce en:

$$K = \frac{(D_P)^2}{658}$$

Los valores de Kmín para curvas convexas se presentan en la Tabla 15 para diferentes Velocidades Específicas de las curvas verticales (VCV) de acuerdo con la expresión anterior. Por lo tanto, para obtener la longitud mínima de la curva se emplea la expresión:

$$L_{mín} = K_{mín} \times A \;\; ; \;\; A \text{ en porcentaje (\%) y } L_{mín} \text{ en metros}$$

7.2.2.1. Longitud mínima de la curva vertical convexa según el criterio de operación

La aplicación de este criterio evita el cambio súbito de pendiente y permite que el perfil de la vía en la curva vertical tenga una adecuada estética y apariencia.

La longitud mínima de la curva vertical para cumplir con este criterio está en función de la Velocidad Específica (VCV) y es dada por la siguiente expresión:

$$L_{mín} = 0.6 \times V_{CV}$$

Dónde:

Lmín: Longitud mínima según criterio de operación, en metros.

VCV: Velocidad Específica de la curva vertical, en km/h.

Las longitudes de curvas que permiten una distancia de visibilidad de adelantamiento son demasiado grandes comparadas con la aplicación de los controles anteriores y se generan valores que son imprácticos e inusuales.

No se recomienda proporcionar distancia de visibilidad de adelantamiento en curvas verticales convexas.

#### 7.2.2.2. Longitud máxima de la curva vertical convexa según el criterio de drenaje

En el punto más alto de la cresta de una curva vertical convexa con pendiente S1 y S2 de diferente signo se tiene un corto tramo a nivel (pendiente = 0%), que dificulta el drenaje longitudinal, para lo cual la AASHTO – 2004 considera que un valor de A igual a cero puntos seis por ciento (0.6%) en un tramo de la curva igual a treinta metros (30 m), provee el adecuado drenaje en el sector más plano de la curva.

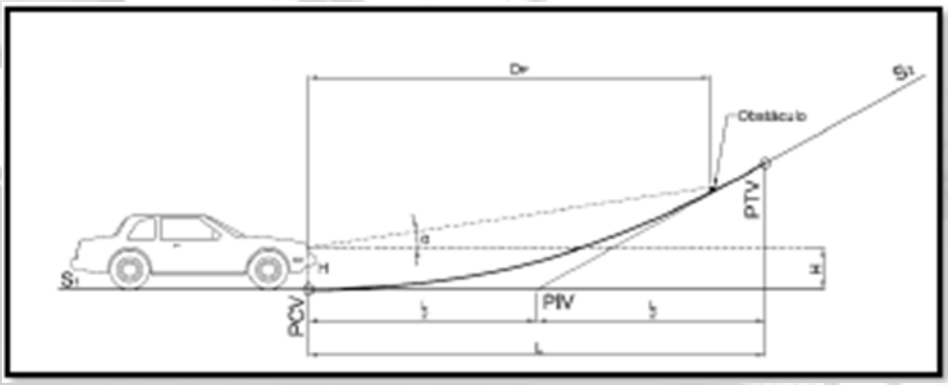
Para garantizar el drenaje adecuado en la cresta de la curva vertical convexa se debe diseñar la curva con un valor de K menor o igual a cincuenta (50).

### 7.2.3. CURVA CÓNCAVA

#### 7.2.3.1. Longitud mínima de la curva vertical cóncava a según el criterio de seguridad

En las curvas cóncavas, 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. Dicha distancia depende de la altura de las

luces delanteras del vehículo (H), para la cual se asume un valor de sesenta centímetros (0.60 m) y un ángulo de divergencia del rayo de luz hacia arriba (α) respecto al eje longitudinal del vehículo de un grado (1°). De la misma forma que en las curvas convexas se presentan dos situaciones:




Cuando DP < L :

El conductor y el obstáculo están dentro de la curva y la distancia de visibilidad es menor que la longitud de la curva.

En términos generales, se tiene que:

$$L_{mín} = \frac{A \times (D_P)^2}{200 \times (H + D_P \times \tan \propto)}$$

Dónde:

DP: Distancia de visibilidad de parada, en metros.

H: Altura de los faros delanteros del vehículo, = a sesenta centímetros (0.60 m).

α: Ángulo de divergencia de los rayos de luz de los faros delanteros. α = 1°.

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

Reemplazando los valores en la expresión anterior:







$$L_{mín} = \frac{A \times (D_P)^2}{120 + 3.5 \times D_P}$$

Cuando DP > L

Cuando el conductor y el objeto están fuera de la curva, la distancia de visibilidad es mayor que la longitud de la curva. Para H = 0.60, α = 1° y Dp es la distancia de visibilidad de parada, se tiene:

$$L_{mín} = 2 \times D_P - \frac{200 \times (0.6 + D_P \times \tan \alpha)}{A}$$

Reemplazando el ángulo α = 1°:

$$L_{mín} = 2 \times D_P - \frac{120 + 3.5 \times D_P}{A}$$

De los dos casos anteriores se adopta la ecuación para Dp < L, debido a que genera valores mayores, que cubren los valores asociados a Dp > L.

Por lo tanto:

$$\text{-mín} = \frac{A \times (D_P)^2}{120 + 3.5 \times D_P}$$

De igual forma como en las curvas convexas, se puede determinar el parámetro K:







$$K_{mín} = \frac{(D_P)^2}{120 + 3.5 \times D_P}$$

Los valores de Kmín para curvas cóncavas se presentan en la Tabla 12 para diferentes Velocidades Específicas de las curvas verticales (VCV) de acuerdo con la expresión anterior. Por lo tanto, para obtener la longitud mínima de la curva se emplea la expresión:

$$L_{mín} = K_{mín} \times A \;\; ; \;\; A \text{ en porcentaje (\%) y } L_{mín} \text{ en metros}$$

7.2.3.2. Longitud mínima de la curva vertical cóncava según el criterio de operación

Se aplica el mismo criterio de las curvas convexas y por lo tanto la longitud mínima de la curva cóncava se expresa por:

$$L_{mín} = 0.6 \times V_{CV}$$

Para la distancia de visibilidad de adelantamiento, de paso o de rebase, no es indispensable su cálculo, ya que es posible ver las luces del vehículo que viene en sentido contrario.

7.2.3.3. Longitud máxima de la curva vertical cóncava según el criterio de drenaje

Es necesario controlar la longitud máxima de la curva vertical cóncava para evitar el empozamiento de las aguas superficiales en 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 cincuenta (50).

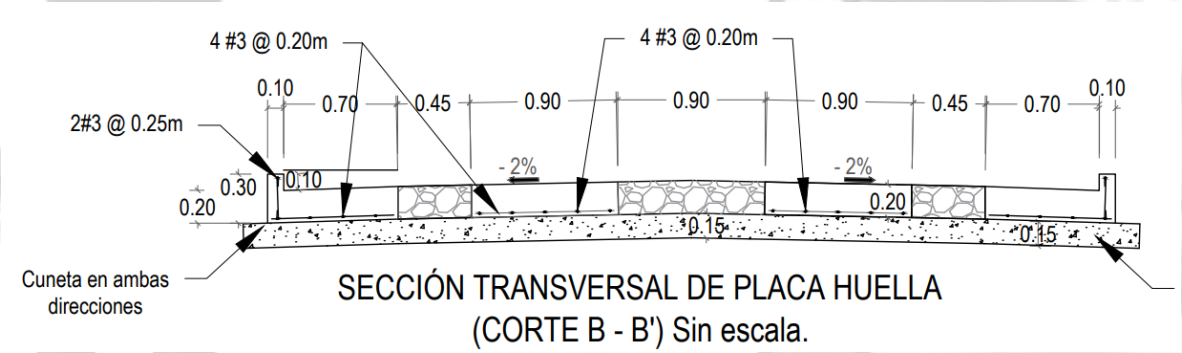






| VELOCIDAD ESPECÍFICA $V_{CV}$ (km/h) | DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m) | VALORES DE $K_{min}$ | | | | LONGITUD MÍNIMA SEGÚN CRITERIO DE OPERACIÓN (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | CURVA CONVEXA | | CURVA CÓNCAVA | | |
| | | CALCULADO | REDONDEADO | CALCULADO | REDONDEADO | |
| 20 | 20 | 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 |

## 8. DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CARRETERA




SECCIÓN TRANSVERSAL DE PLACA HUELLA
(CORTE B - B') Sin escala.

### 8.1. Elementos Geométricos De La Sección Transversal

La sección transversal describe los elementos de la carretera en un plano normal a su eje.

### 8.2. Calzada

La calzada es la parte de la corona destinada a la circulación de los vehículos y está constituida por dos o más carriles, entendiéndose por carril la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos. Las calzadas pueden ser pavimentad as o

no. Si son pavimentadas, queda comprendida entre los bordes internos de las bermas. La demarcación que ayuda a definir los carriles y el ancho total de la calzada se debe ejecutar de conformidad con las disposiciones del "Manual de Dispositivos para la regulación del Tránsito en calles y carreteras de Colombia", del Ministerio de Transporte.

### 8.3. Ancho De Calzada

Es la zona de la vía pública o privada destinada a la circulación de vehículos. Puede ser central, intermedia o lateral (de servicio), de acuerdo con el tipo de vía.

El INVIAS maneja tablas donde se indica el ancho de la calzada en función de la categoría de la carretera, del tipo de terreno y de la Velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR).

| 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 | - | - | - | - | - | - | - | - |

***"Notas: Para este diseño se manejarán ancho de calzada de 5.20 m, por la Zona Topológica del sector"***

### 8.4. Pendientes Máximas Y Mínimas

El presente proyecto no presenta problemas por pendiente máxima pues corresponde a terrenos relativamente Escarpados.

En entre-tangencias horizontales las calzadas deben tener, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal denominada bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura.

En la Tabla 17 se presentan los valores correspondientes.

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

8.5. Estructuras de pavimento

Esta placa, generalmente rectangular o cuadrada, se coloca en el camino para proporcionar una superficie más estable y resistente que el terreno natural. La placa huella puede variar en dimensiones, pero típicamente tiene un espesor suficiente para soportar cargas vehiculares moderadas.

Estas placas suelen tener una textura superficial que mejora la tracción de los vehículos, reduciendo el riesgo de deslizamientos en condiciones climáticas adversas como lluvias. Además, pueden contar con refuerzo interno para mejorar su resistencia a cargas pesadas y al desgaste por el tráfico constante.

La instalación de placas huella en vías terciarias proporciona una solución práctica y económica para mejorar la accesibilidad y la seguridad en áreas rurales, permitiendo el tránsito de vehículos durante todo el año, incluso en condiciones climáticas difíciles.







| ACTIVIDAD | DESCRIPCIÓN | | |
|---|---|---|---|
| | Tratamiento Superficial (Configuración 1) | Pavimento flexible y semi rígido (Configuración 2 a 5) | Pavimento rígido (Configuración 6 a 8) |
| Explotación de Materiales, elaboración de agregados, transporte y almacenamiento del material granular. | X | X | X |
| Mezcla en planta o máquina estabilizadora de suelo. | X | X (Configuraciones 4 y 5) | X (Configuración 8) |
| Fase de experimentación. | X | X | X |
| Preparación de la superficie existente. | X | X | X |
| Colocación y compactación del suelo mejorado. | | X (Configuraciones 4 y 5) | X (Configuración 8) |
| Curado de suelo mejorado. | | X (Configuraciones 4 y 5) | X (Configuración 8) |
| Colocación y compactación de materiales granulares. | | X | X |
| Aplicación de ligante bituminoso y agregado pétreo. | X | | |
| Fabricación, transporte y extensión de la Mezcla de Rodadura. | | X | X |
| Compactación final. | X | X | X |
| Acabado y curado de la superficie de rodadura. | | | X |
| Ejecución de juntas. | X | X | X |

| MATERIAL | ABREVIATURA | ESPECIFICACIÓN |
|---|---|---|
| Subbase Granular Clase C | SBG | Artículo 320-13 |
| Base Granular Clase C | BG | Artículo 330-13 |
| Suelo Cemento | SCE | Artículo 350-13 |
| Suelo Cal | SCA | Artículo 236-13 |
| Tratamiento Superficial Doble | TSD | Artículo 431-13 |
| Tratamiento Superficial con Asfaltita | TSA | Artículo 442P-17 |
| Concreto Asfáltico MDC-19 | CA | Artículo 450-13 |
| Concreto Rígido MR=3.8 MPa | CR | Artículo 500-13 |

Materiales de Uso para el Proyecto Subbase Granular Clase C o Base Granular Clase C

Fuente: Obras menores de drenaje y estructuras viales

| CATEGORÍA | CARGA [$EE_{8.2t}$] |
|---|---|
| N1 | N ≤ 150000 |
| N2 | 150000 < N ≤ 300000 |
| N3 | 300000 < N ≤ 500000 |

Categorías de carga de diseño Fuente: Obras menores de drenaje y estructuras viales







| CATEGORÍA | CBR [%] |
|---|---|
| S1 | 3 ≤ CBR < 5 |
| S2 | 5 ≤ CBR < 7 |
| S3 | 7 ≤ CBR < 10 |
| S4 | 10 ≤ CBR < 15 |

Categorías de la resistencia de la subrasante

Fuente: Obras menores de drenaje y estructuras viales

| CATEGORÍA | TEMPERATURA MEDIA ANUAL PONDERADA [°C] |
|---|---|
| T1 | T ≤ 13 |
| T2 | 13 < T ≤ 20 |
| T3 | 20 < T ≤ 30 |

Categorías del coeficiente estructural de Temperatura M A P

Fuente: Obras menores de drenaje y estructuras viales

| CATEGORÍA | PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL [mm/año] | SISTEMA DE SUBDRENAJE |
|---|---|---|
| P1 | P ≤ 2000 | SI |
| P2 | P ≤ 2000 | NO |
| P3 | 2000 < P ≤ 4000 | SI |
| P4 | 2000 < P ≤ 4000 | NO |
| P5 | 4000 < P ≤ 6000 | SI |
| P6 | 4000 < P ≤ 6000 | NO |

Categorías de las condiciones de precipitación y drenaje

Fuente: Obras menores de drenaje y estructuras viales







| CATEGORÍA | CONDICIÓN |
|---|---|
| TC1 | Dovelas y confinamiento |
| TC2 | Dovelas y sin confinamiento |
| TC3 | Sin dovelas y con confinamiento |
| TC4 | Sin dovelas y sin confinamiento |

Categorías de las condiciones de transferencia de carga y confinamiento en pavimentos rígidos

Fuente: Obras menores de drenaje y estructuras viales

### 8.5.1. Estructuras de pavimentos flexibles y semi rígidos

Fueron diseñadas por el Método AASHTO-93 e Instituto del Asfalto, clasificadas y codificadas según las variables de carga (N), resistencia de subrasante (S), temperatura (T) y precipitación y drenaje (P), en su estricto orden, considerando una confiabilidad estructural del 80% y un índice de servicio final de 2.0.

### 8.5.2. Estructuras de pavimentos rígidos

Se diseñaron con el método de la Portland Cement Association (PCA), clasificadas y codificadas con los rangos de carga (N), resistencia de subrasante (S), y transferencia de carga y confinamiento (TC), para un módulo de rotura del concreto (MR) de 3.8 MPa.

| ESPESORES DE CONCRETO–UNIDAD: cm | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CONFIGURACIÓN | 6 (H1 SOBRE SUBRASANTE) | | | 7 (H1 + 15 cm SBG) | | | 8 (H1 + 15 cm SCE ) | | |
| | ESPESOR | % FATIGA | % EROSIÓN | ESPESOR | % FATIGA | % EROSIÓN | ESPESOR | % FATIGA | % EROSIÓN |
| N1 S1 TC1 | 21 | 49.52 | 1.15 | 20 | 85.11 | 1.68 | 18 | 49.52 | 1.86 |
| N1 S1 TC2 | 24 | 78.48 | 1.47 | 24 | 41.77 | 1.31 | 21 | 37.46 | 2.75 |
| N1 S1 TC3 | 21 | 49.52 | 14.69 | 24 | 85.11 | 18.21 | 18 | 49.52 | 21.02 |
| N1 S1 TC4 | 20 | 78.48 | 10.77 | 24 | 41.77 | 9.16 | 21 | 37.46 | 13.04 |

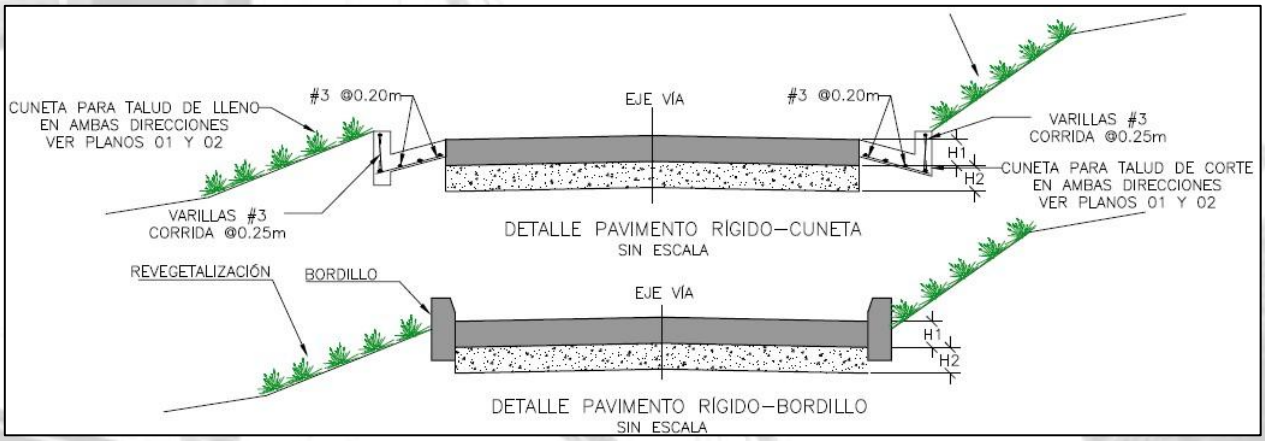
Espesores de concreto

Fuente: Obras menores de drenaje y estructuras viales



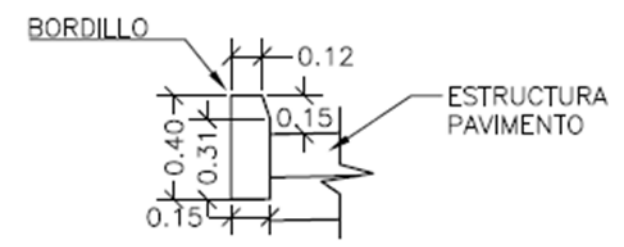






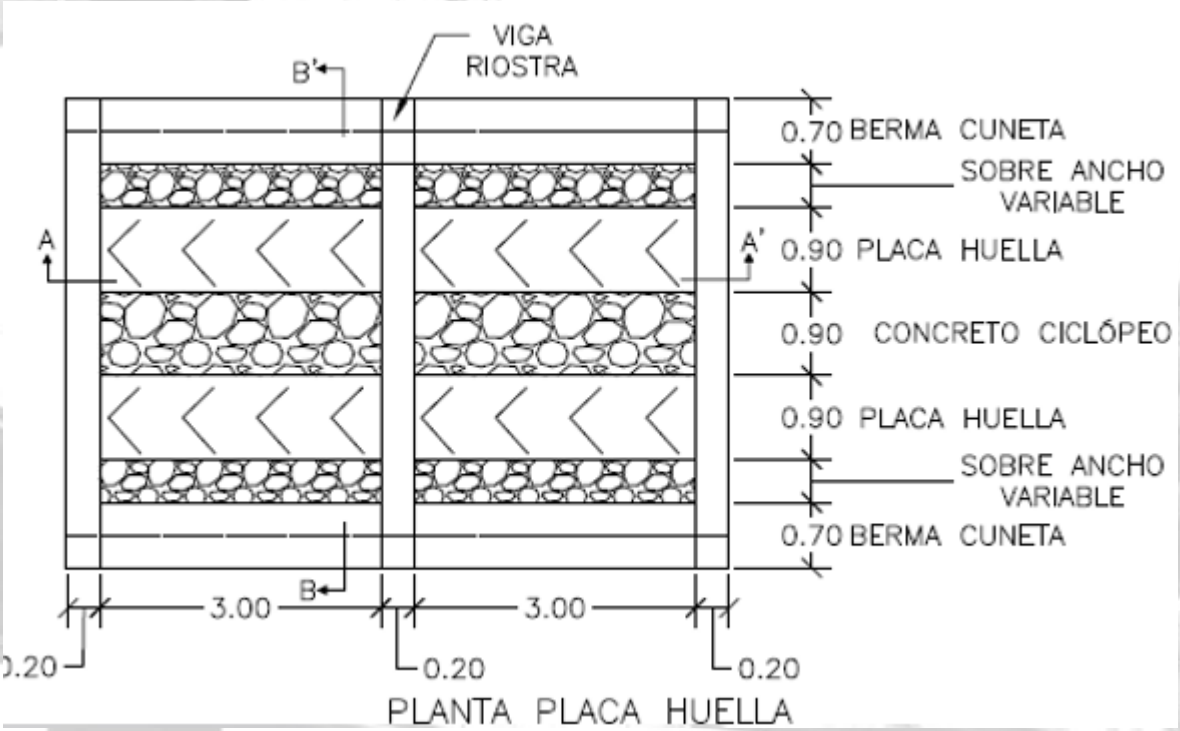

Detalle de pavimento rígido, cuneta y bordillo

Fuente: Obras menores de drenaje y estructuras viales



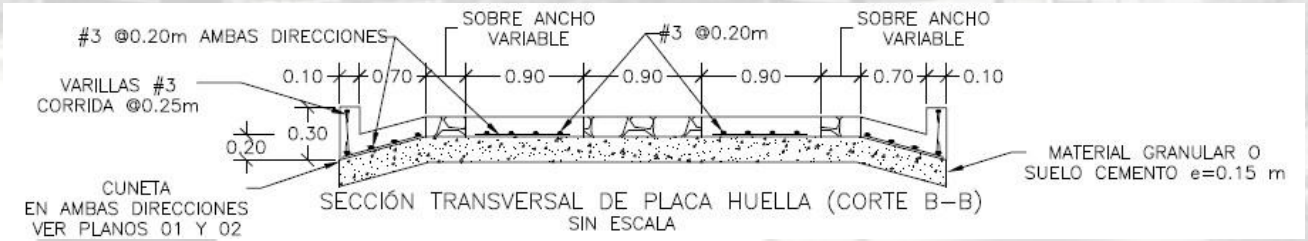

Detalle de estructura de pavimento Propuesta de Bordillo

Fuente: Obras menores de drenaje y estructuras viales



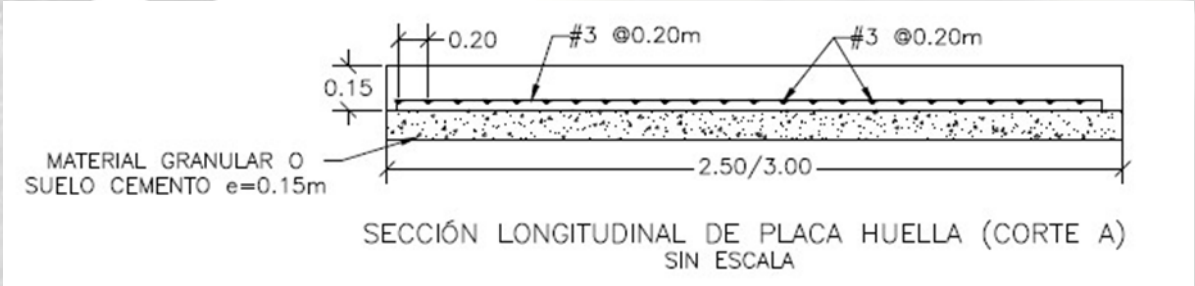

Vista planta, placa huella

Fuente: Obras menores de drenaje y estructura viales




Sección transversal de placa huella (Corte B-B)

Fuente: Obras menores de drenaje y estructuras viales



Sección longitudinal de placa huella (Corte A)

Fuente: Obras menores de drenaje y estructuras viales

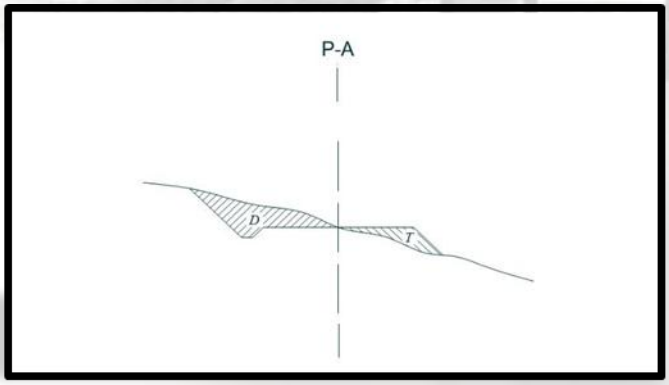



Sección longitudinal viga riostra

Fuente: Obras menores de drenaje y estructuras viales

9. DESMONTES

Durante la estructuración del presente estudio la elaboración del perfil longitudinal como la de los perfiles transversales del trazado, están desde el primer momento ejecutadas teniendo como uno de sus objetivos el cálculo de los volúmenes de movimiento de tierras, en función del desmonte, y que en obras de ingeniería lineales son determinantes para la propia viabilidad de la obra, y básicos para el cálculo económico de la misma, así como para elaborar la programación de los trabajos.



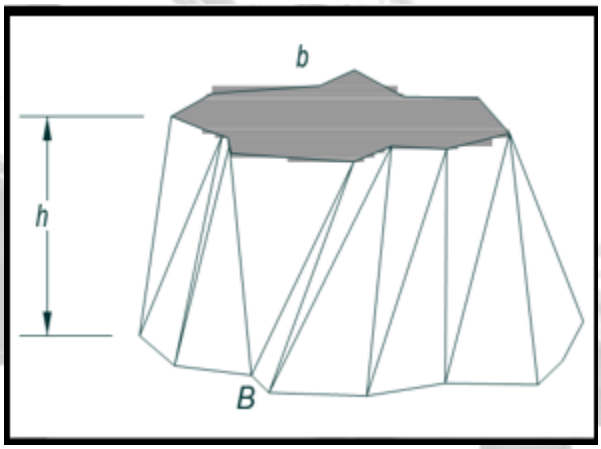

Si nos volvemos a fijar en la figura de un perfil transversal, veremos que siempre se distingue entre la superficie de ese perfil que corresponde a desmonte (D).







Las superficies de las zonas de desmonte serán el punto de partida para el cálculo del volumen entre perfiles, de acuerdo con el sistema que se fundamente en el cálculo del volumen del prismoide. El prismoide, o prismatoide, es un sólido limitado por dos caras planas y paralelas de forma cualquiera, llamadas bases, y por la superficie reglada engendrada por una recta que se apoya en ambas bases.




PRISMOIDE

El volumen (VP) del prismoide se determina calculando previamente la superficie (SB) y (Sb) de ambas bases, en función de la separación entre ellas (h) mediante la siguiente expresión.

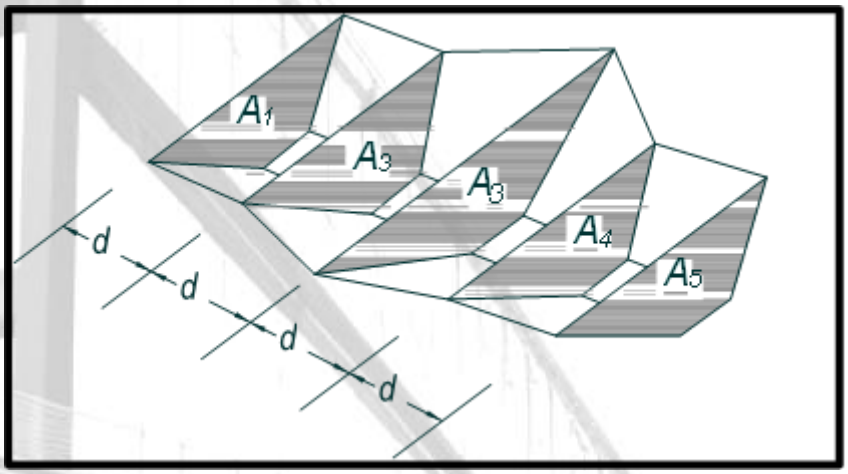
$$V_P = \frac{1}{2} h \cdot (S_B + S_b)$$

Aplicando este principio, siempre podremos establecer que entre dos perfiles transversales existe un prismoide cuyas bases son las superficies de desmonte (D) de cada uno de ellos, y la distancia (d) su separación, tal como se representa en la Figura 16 en la que (A1), (A2),... son las superficies de los distintos perfiles, y (d) la distancia, en este caso igual entre ellos.










En ejemplo de la figura 16, para calcular el volumen total de la excavación, calcularemos en primer lugar el volumen de los prismoides que se forman entre cada par de perfiles, siendo el volumen (Vi) de cada uno de ellos.

$$V_i = \frac{1}{2} d \cdot (A_i + A_{i+1})$$

Sumando el volumen de todos los prismoides, tendremos el volumen total (VT) de la excavación:

$$V_T = \frac{1}{2} d (A_1 + 2A_2 + 2A_3 + \ldots + 2A_{n-1} + A_n)$$

### 9.1. CÁLCULO DE VOLÚMENES ENTRE DOS PERFILES, AMBOS CON DESMONTE.

Cuando el volumen entre dos perfiles es sólo de desmonte, el cálculo es la aplicación directa de la fórmula del volumen del prismoide, siendo las secciones (D1) y (D2) las respectivas superficies de los perfiles, el volumen de desmonte (D) entre ambos perfiles es:

$$V_D = \frac{1}{2} d \cdot (D_1 + D_2)$$

10. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

- Debido a las condiciones Escarpadas del terreno del proyecto y teniendo en cuenta que se deben realizar las descargas de aguas por escorrentía superficial en las cunetas o en las obras de drenaje hidráulicos longitudinales en el presente estudio se garantizó un bombeo de 4%

- Se recomienda que el residente de obra haga uso de sus facultades técnicas para el entendimiento de los planos y que realice las cantidades de obra para definir un alcance total del proyecto, siguiendo los parámetros y lineamientos entregados en el informe de diseño.

- En caso de que durante la localización y replanteo sea necesario realizar un ajuste a las pendientes longitudinales, se recomienda trabajar con pendientes ajustadas a un solo decimal. Por ejemplo, si al proyectar la rasante y calcular las pendientes a partir de las distancias horizontales y cotas se obtiene una pendiente con un valor de 7.37%, es aconsejable, para facilitar los cálculos y mejorar la presentación de la información, ajustarla a 7.4% y recalcular el valor de las cotas.

- Para cambios de pendiente menores a 0.5% no se requirió curva vertical. Esto debido a que la externa y las correcciones son insignificantes y el cambio de pendiente aún sin curva no representa mayor incomodidad al usuario.

- se pretende mejorar la infraestructura vial existente en lo relacionado con el trazado horizontal, vertical y de secciones transversal, de tal manera que se permita mejorar el tránsito de vehículos en el sector en condiciones de confort y seguridad.
- El análisis realizado permitió determinar las características geométricas y topográficas de la vía en el municipio de BRICEÑO, identificando los tramos críticos y las necesidades de mejoramiento para garantizar seguridad y confort en la circulación.

- Se establecieron los parámetros de diseño geométrico, incluyendo pendiente longitudinal, ancho de calzada, radios de curvatura, peraltes y visibilidad, los cuales cumplen con la normativa vigente y los estándares técnicos para vías secundarias.







- El estudio hidrológico e hidráulico previo permitió dimensionar adecuadamente los elementos de drenaje, evitando riesgos de inundación, erosión y deterioro prematuro de la infraestructura vial.
- Se identificaron zonas con pendientes pronunciadas y curvas cerradas, para las cuales se recomienda la aplicación de medidas de mitigación, como señalización, obras de contención y estabilización de taludes.

- La integración de los aspectos ambientales y físicos del municipio asegura que el diseño propuesto tenga un impacto mínimo en el entorno, garantizando sostenibilidad y durabilidad de la vía.
- Ejecutar la construcción de la vía respetando estrictamente las pendientes, radios de curvatura y peraltes definidos en el diseño geométrico.
- Implementar sistemas de drenaje adecuados, como cunetas, alcantarillas y sumideros, para garantizar la correcta evacuación de aguas lluvias y prevenir erosión en los tramos de mayor pendiente.
- Señalizar de manera visible los tramos con curvas pronunciadas y pendientes, asegurando la seguridad vial y la prevención de accidentes.
- Realizar mantenimiento periódico de la vía y de los elementos de drenaje, especialmente después de eventos de lluvia intensa, para preservar la funcionalidad y seguridad de la infraestructura.
- Considerar estudios complementarios de impacto ambiental en zonas sensibles, garantizando la protección de la biodiversidad y recursos naturales durante la ejecución y operación de la vía.

ING. OMAR JHON BYRON ORTIZ MARIÑO

MP. 25202-385834 CND

ESPECIALISTA EN INFRAESTRUCTURA VIAL

ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS

MASTER BIM DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE VIAS, CARRETERAS Y AUTOPISTAS



*"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."*

indeskingenieria@gmail.com 3204444700



INDESK
Laboratorio e ingeniería SAS

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

UNIVERSIDAD
COOPERATIVA DE COLOMBIA

Personería Jurídica, Resolución 24195 del 20 de Diciembre de 1985 del Ministerio de Educación Nacional
Resolución No. 503 del 7 de Mayo de 1974 de la Superintendencia Nacional de Cooperativas.
Resolución No. 1850 del 31 de Julio de 2002, emanada del Ministerio de Educación Nacional.

En atención a que

OMAR JHON BYRON ORTIZ MARIÑO

con cédula de ciudadanía No. 1.120.373.527 de Granada

Cumplió satisfactoriamente los requisitos académicos exigidos por la Universidad, le confiere el título de

INGENIERO CIVIL

En testimonio de ello le expide el presente diploma y se firma en Villavicencio el día 23 de Marzo de 2018

VALIDO
PARA HOJA DE VIDA

Director(a) Sede

Rector(a)

Gloria Patricia Ruiz J.
Secretario(a) General

Libro de Registros No. 0021020181 Folio No. 012 Registro No. 0115 Refrendado en Villavicencio el día 22 de Marzo de 2018

Registros y Diplomas: Sirley Yasmin Cortés Rocha

027488

Uptc
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Creada mediante Decreto 2655 de 1953 y Ley 73 de 1962

Teniendo en cuenta que:

Omar Jhon Byron Ortiz Mariño

C. C. Nº 1.120.373.527 de Granada

Cumplió satisfactoriamente con los requisitos académicos exigidos, le confiere el título de

Especialista
en Infraestructura Vial

VALIDO
PARA HOJA DE VIDA

*En testimonio de ello, otorga el presente DIPLOMA*

en Tunja, a los 11 días del mes de diciembre de 2019

Admisiones y Control de Registro Académico
Diploma No. 12090
Libro de Registro No. 34
Folio No. 443
Fecha 11-12-2019

Rector

Secretario General

Decano

Coordinador



*"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."*





INDESK
Laboratorio e ingeniería SAS

República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional

Uptc
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

**La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia**

Creada mediante decreto 2655 de 1953 y Ley 73 de 1962

**Teniendo en cuenta que:**

**Omar Jhon Byron Ortiz Mariño**

C. C. Nº 1.120.373.527 de Granada

Cumplió satisfactoriamente con los requisitos académicos exigidos, le confiere el título de

**Especialista en Estructuras**

VALIDO
PARA HOJA DE VIDA

*En testimonio de ello, otorga el presente DIPLOMA*

en Tunja, a los 17 días del mes de febrero de 2022

Admisiones y Control
de Registro Académico
Diploma No. 136009
Libro de Registro No. 61
Folio No. 98
Fecha 17-02-2022

Rector

Secretario General

Decano

Jefe Departamento



*"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."*





INDESK
Laboratorio e ingeniería SAS

eadic | Engineering, Training & Development Solutions

El Director,
en nombre de Escuela Abierta de Desarrollo en Ingeniería y Construcción EADIC, expide el presente diploma de:

**Máster BIM en Diseño y Construcción de Vías, Carreteras y Autopistas (Título propio)**

con 60 créditos ECTS impartido por EADIC junto con la

UCAM Universidad Católica de Murcia

a favor de

**Omar Jhon Ortiz Mariño**

con Número de identidad **1120373527**,

por haber acreditado convenientemente los requisitos exigidos por la normativa correspondiente a los estudios propios de esta Escuela.

Madrid, a 30 de noviembre 2024

el Director General

Ricardo Carramiñana Alonso

Bentley Training Partner AUTODESK



*"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."*



eadic

**LINA LIZBETH SANTAMARÍA GUTIÉRREZ**, Responsable del Departamento de Formación de la Escuela Abierta en Desarrollo de Ingeniería y Construcción SL (EADIC SL).

# CERTIFICA

Que D./Dña. Omar Jhon Byron Ortiz Mariño , con nº documento identidad 1120373527, ha finalizado exitosamente el **Máster BIM en Diseño y Construcción de Vías, Carreteras y Autopistas (Título propio)** en su modalidad de estudio teleformación (En linea) desde el 31-07-2023 hasta el 30-08-2024, impartido por EADIC. Las notas finales de cada módulo del máster realizado son las siguientes:

| Nombre de la asignatura o módulo | Notas obtenidas | | | Créditos ECTS* |
|---|---|---|---|---|
| Diseño preliminar de carreteras con InfraWorks | Total Módulo 1 | Estado M 1 | Baremo 1 | 6 |
| | 8.5 | Superado | Notable | |
| Planificación y diseño de carreteras | Total Módulo 2 | Estado M 2 | Baremo 2 | 6 |
| | 9.0 | Superado | Sobresaliente | |
| Túneles, puentes y viaductos | Total Módulo 3 | Estado M 3 | Baremo 3 | 6 |
| | 9.1 | Superado | Sobresaliente | |
| Pavimentos flexibles, rígidos y reciclado de firmes | Total Módulo 4 | Estado M 4 | Baremo 4 | 6 |
| | 7.2 | Superado | Notable | |
| Captura masiva de datos del terreno con RPAS | Total Módulo 5 | Estado M 5 | Baremo 5 | 6 |
| | 7.8 | Superado | Notable | |
| BIM aplicado a Obra civil con Autodesk Civil 3D | Total Módulo 6 | Estado M 6 | Baremo 6 | 6 |
| | 7.7 | Superado | Notable | |
| Diseño preliminar de carreteras con OpenRoads ConceptStation | Total Módulo 7 | Estado M 7 | Baremo 7 | 6 |
| | 8.6 | Superado | Notable | |
| BIM aplicado a obra civil con Bentley OpenRoads | Total Módulo 8 | Estado M 8 | Baremo 8 | 6 |
| | 8.3 | Superado | Notable | |
| Trabajo Final de Máster | Total Módulo 9 | Estado M 9 | Baremo 9 | 12 |
| | 9.5 | Superado | Sobresaliente | |

*Cada crédito corresponde a un total de 25 horas

Lina Santamaria
Departamento de Formación
Oficina: +34 913 930 319

eadic



*"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."*
















*"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."*

indeskingenieria@gmail.com 3204444700



REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2025-3851857

**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA**
**COPNIA**

**EL DIRECTOR GENERAL**

**CERTIFICA:**

1. Que OMAR JHON BYRON ORTIZ MARIÑO, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1120373527, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 25202-385894 desde el 12 de Abril de 2018, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 476.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los veintiuno (21) días del mes de Agosto del año dos mil veinticinco (2025).

**Rubén Dario Ochoa Arbeláez**

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA – COPNIA
Calle 78 Nº 9 - 57 - Teléfono: 322 0191 - Bogotá D.C.
e-mail: contactenos@copnia.gov.co
www.copnia.gov.co





