

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Introducción

En el transcurso de los últimos años, la ciudad de Tarija se tropieza con la problemática de tráfico en sus arterias principales, avenidas y rotondas, siendo en la actualidad; la intersección entre las avenidas Circunvalación- Froilán Tejerina (rotonda la Torre), una de las intersecciones con mayor problemática con respecto al alto nivel de tráfico vehicular y bajo nivel de educación vial, perjudicando de esta manera el movimiento económico y social, es por este motivo que se desea plantear una alternativa que solucione el flujo vehicular de la zona, ofreciendo seguridad, serviciabilidad y comodidad a sus transeúntes.

En la ciudad de Tarija, no se cuenta con estudios previos de intersecciones a desnivel factibles que cumplan con requerimiento esperado. Sin embargo, en otros departamentos de Bolivia se llevó a cabo, el diseño y construcción de estas obras, de manera satisfactoria, capaz de subsanar el problema en zonas con alto nivel de tráfico vehicular. Es así que se desea plantear una alternativa que brinde solución a la problemática presente, en la intersección entre las avenidas Circunvalación- Froilán Tejerina (rotonda la Torre), mediante estudios de tráfico que serán utilizados para el análisis de la intersección, y el planteamiento de un diseño geométrico de la intersección a desnivel.

Tras lo mencionado con anterioridad y al ser este un proyecto de contexto académico, se desea brindar esta alternativa como solución al congestionamiento presente en esa zona, además de abrir el paso al planteamiento de nuevas alternativas de diseños geométricos de este tipo de obras, que aporten beneficios a la ciudad de Tarija.

## 1.2 Justificación

En el área académica mediante el presente proyecto, se busca dar solución a la problemática del alto nivel de tráfico existente en la intersección de las avenidas Circunvalación y Froilán Tejerina, ubicada en el distrito 7 de la ciudad de Tarija-Cercado. Siendo esta una zona conflictiva que genera malestar en los transeúntes motorizados del área pública y privada. Es así que mediante un diseño geométrico de una interacción a desnivel se busca satisfacer de manera eficiente e innovadora la situación en nuestra ciudad.

En la actualidad en la intersección de las avenidas Circunvalación -Froilán Tejerina (rotonda la Torre). se encuentra formando por una rotonda y señalizaciones horizontales y verticales, las cuales fueron mejoradas en el año 2013, pero debido al aumento demográfico del distrito 7 y zonas aledañas, resultaron siendo esto insuficientes para subsanar este hecho de congestionamiento de tráfico vehicular en esta zona.

Es necesario denotar que la problemática se mantendrá vigente debido al crecimiento demográfico de la mancha urbana, provocando así la creación de nuevas líneas de transporte público que circularan por la zona debido que se encuentra en un punto clave para la conexión con los nuevos barrios, además de ser esta una zona comercial. Asimismo, la población no cuenta con una buena educación vial, tanto en peatones como en conductores, provocando detenimiento de manera prologada en sectores de circulación rápida. Es así que por estos motivos que la problemática actual afecta a los residentes del distrito 7 y al transporte público y privado que transita por la zona, generando contaminación auditiva mediante los ruidos de bocinas, estrés, problemas de salud y molestias en los demás conductores.

Es así que el presente proyecto tiene como prioridad mejorar la situación actual mediante el planteamiento de una alternativa, de diseño de una interacción a desnivel, la cual estará en base al manual de carreteras: diseño geométrico Dg – 2018, aplicando sus conceptos y especificaciones. Además del desarrollo de la misma en un programa de simulación de tráfico VISSIM PTV, optimizando los tiempos de circulación vial.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo General

Realizar el diseño geométrico de una intersección a desnivel entre las avenidas Circunvalación- Froilán Tejerina (rotonda la Torre) distrito 7, en base al Manual de carreteras: Diseño geométrico DG – 2018 brindando una alternativa de mejoramiento al flujo vehicular existente.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Obtener la información necesaria; teoría, conceptos y antecedentes previos que faciliten la comprensión de la presente propuesta.
- Llevar a cabo el levantamiento topográfico de la intersección entre las avenidas Circunvalación- Froilán Tejerina, para la elaboración de su plano topográfico actual.
- Efectuar el estudio de tráfico, determinar su nivel de servicio y los puntos conflictivos de flujo vehicular en la intersección entre las avenidas Circunvalación- Froilán Tejerina
- Realizar el diseño geométrico de las alternativas planteadas de una intersección a desnivel elevada y una subterránea sobre la avenida circunvalación entre Froilán Tejerina.
- Elaborar planos del diseño geométrico final de las interacciones a desnivel entre las avenidas Circunvalación- Froilán Tejerina.
- Ejecutar una simulación del flujo vial con las alternativas planteadas en el diseño geométrico, a fin de identificar los cambios generados con la propuesta, mediante la aplicación del software VISSIM.
- Identificar las ventajas y desventajas de las alternativas planteadas, con el objeto de valorar sus beneficios y aportar una solución a la problemática actual de la intersección entre las avenidas Circunvalación- Froilán Tejerina (rotonda la torre).

## 1.4 Planteamiento del problema

### 1.4.1 Situación Problemática

#### Árbol de problemas



El director departamental de Tránsito de la Policía, coronel Sadid Ávila, afirmó que, desde principios de esta gestión, plantearon la ejecución de diferentes planes con el objetivo de descongestionar el tráfico vehicular en distintos puntos de la ciudad.

“En Tarija, tenemos un crecimiento inusitado en cuanto al parque automotor con muchos lugares conflictivos, como el puente San Martín, el Bicentenario, la rotonda del Chorolque, el Mercado Campesino, la zona del colegio San Roque, la calle General Trigo y otros sectores”. Coronel Sadid Ávila El Periódico -4 octubre, 2018

En estos últimos 30 años, los problemas del congestionamiento, cada vez mayores, se producen en diversos lugares, con sus negativas secuelas de contaminación, pérdida de tiempo, gasto de recursos, inseguridad y pérdida de calidad de vida. Estos problemas no fueron encarados con la ejecución de planes de ordenamiento del tráfico, que cubran aspectos del mejoramiento de la infraestructura vial, disposiciones de regulación y políticas de educación vial. Equipo El Periódico -21 septiembre, 2020

Las rotondas en Tarija se han ido convirtiendo no sólo en «parte del problema» sino en «el problema», por sus proporciones ya no son capaces de soportar la cantidad de vehículos que intentan ingresar a ellas, son tan pequeñas que pocos motorizados son suficientes para generar un embotellamiento, porque nadie puede circular de y hacia ningún lado, porque simplemente no hay por dónde. Equipo El Periódico -7 mayo, 2021

#### **1.4.2 Problema**

¿Cómo mejorar el congestionamiento vehicular en la intersección entre las avenidas Circunvalación- Froilán Tejerina (rotonda la Torre), para satisfacer las necesidades de los conductores de vehículos motorizados del distrito 7, en la ciudad de Tarija?

## **1.5 Hipótesis**

Si se emplaza una intersección a desnivel entre las avenidas Circunvalación- Froilán Tejerina, entonces se resuelve el congestionamiento vehicular de manera favorable hacia los conductores de vehículos motorizados del sector público y privado.

## **1.6 Alcance**

El presente proyecto está enfocado en el mejoramiento del tráfico vehicular actual en intersección entre las avenidas Circunvalación - Froilán Tejerina, por lo cual se llevará a cabo inicialmente la inspección y reconocimiento de la zona del proyecto, donde posteriormente se realizarán los estudios necesarios para efectuar el diseño geométrico de las alternativas.

El desarrollo de las dos alternativas se encontrará en base a los criterios y especificaciones según la normativa aplicada para el diseño geométrico de una intersección a desnivel, siendo necesario realizar los estudios topográficos y estudios de tráfico para establecer sus parámetros de diseño.

Luego de haber realizado estos estudios, se procederá a efectuar el diseño geométrico de las dos alternativas de intersecciones a desnivel emplazados en función a los resultados de dichos estudios. El cual contendrá para cada alternativa su diseño planimétrico, altimétrico, el diseño de sus secciones transversales, además del cálculo de los volúmenes de corte y relleno en la alternativa que lo requiera.

Ya que Bolivia no cuenta con una normativa desarrollada con respecto a Intersecciones a desnivel, el presente proyecto estará en base a el “Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018 de Perú” aplicando sus criterios para el diseño.

Conjuntamente se reforzará las ventajas y desventajas de cada alternativa con la simulación de tráfico de cada una, mediante el emplazamiento de cada intersección a desnivel, en el software para la simulación de tráfico “VISSIM”, el cual estará en base a los estudios previos de tráfico, cumpliendo así el objetivo del proyecto.

## CAPÍTULO II

### ASPECTOS GENERALES SOBRE EL DIMENSIONAMIENTO DE INTERSECCIONES A DESNIVEL

#### 2.1 Diseño geométrico en áreas urbanas

En las vías urbanas:” El diseño geométrico es la parte más importante ya que a través de él se establece su configuración geométrica tridimensional, con el fin de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente”.<sup>1</sup>

En la actualidad en zonas urbanas existe un problema latente con respecto a la problemática de congestión vehicular: “La circulación, más o menos difícil, en las grandes ciudades siempre se caracteriza por la gran confusión entre peatones y vehículos que estacionan y circulan, entre vehículos lentos y rápidos, y sus diferentes deseos de desplazamiento”.

Siendo esta confusión la causante de varios factores desfavorables para la ciudadanía entre ellos se encuentra: los accidentes de tránsito, contaminación atmosférica, contaminación auditiva, sin embargo, en la actualidad es un medio de comunicación fundamental en los centros urbanos.

Es debido a este motivo que para poder realizar un diseño geométrico en vías urbanas es primordial saber clasificar sus tipos.

##### 2.1.1 Clasificación de las vías urbanas

La clasificación de las vías urbanas se encuentra dividida en cuatro categorías principales:” Vías expresas, arteriales, colectoras y locales. Se ha previsto también una categoría adicional denominada “vías especiales” en la que se consideran

---

<sup>1</sup> (Cardenas Grisales, 2013)

incluidas aquellas que, por sus particularidades, no pueden asimilarse a las categorías principales.

#### **2.1.1.1 Vías expresas**

Es una relación entre el sistema interurbano y el urbano:” Unen zonas de elevada generación de tráfico transportando grandes volúmenes de vehículos, con circulación a alta velocidad y bajas condiciones de accesibilidad. Sirven para viajes largos entre grandes áreas de vivienda y concentraciones industriales, comerciales y el área central.

#### **2.1.1.2 Vías arteriales**

Las vías arteriales permiten el tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa con el uso del suelo colindante. Estas vías deben ser integradas dentro del sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. El estacionamiento y descarga de mercancías está prohibido. El término Vía Arterial no equivale al de Avenida, sin embargo, muchas vías arteriales han recibido genéricamente la denominación de tales.

#### **2.1.1.3 Vías colectoras**

Las vías colectoras sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos las vías expresas cuando no es posible hacerlo por intermedio de las vías arteriales. Dan servicio tanto al tránsito de paso, como hacia las propiedades adyacentes. Este tipo de vías, han recibido muchas veces el nombre genérico de Jirón, Vía Parque, e inclusive Avenida.

#### **2.1.1.4 Vías locales**

Son aquellas cuya función principal es proveer acceso a los predios o lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida. Por ellas transitan vehículos livianos, ocasionalmente semipesados; se permite estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Las vías locales se

conectan entre ellas y con las vías colectoras. Este tipo de vías han recibido el nombre genérico de calles y pasajes.<sup>2</sup>

### **2.1.2 Criterios y controles básicos para el diseño geométrico**

Para el buen funcionamiento de un diseño geométrico es necesario tener conocimiento claro con respecto a los criterios, factores y elementos necesarios para la realización de los estudios preliminares. “Al definir la geometría de la vía, no debe perderse de vista que el objetivo es diseñar una carretera que reúna las características apropiadas, con dimensiones y alineamientos tales que su capacidad resultante satisfaga la demanda del proyecto, de Capacidad y Niveles de Servicio”. (Dirección general de caminos y ferrocarriles, 2018)

## **2.2 Tipos de intersecciones**

Las vías urbanas conforman un sistema, en el que estas se vinculan conectándose o cruzándose, en el mismo o en diferentes niveles. El cruce o conexión mencionado se desarrolla sobre áreas que planimétricamente corresponden a todas las vías que participan del cruce o conexión y se definen por las áreas funcionales y físicas comprometidas. (Chávez Loaiza, 2005, pág. 110)

Las intersecciones viales pueden ser a nivel o desnivel, entre carreteras o con vías férreas, en función a las características de las vías que se cruzan y los requerimientos del diseño geométrico del proyecto.

### **2.1.3 Intersección a nivel**

Es una solución de diseño geométrico a nivel, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas, que contienen áreas comunes o compartidas que incluyen las calzadas, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos necesarios de cambios de trayectoria.

Las intersecciones a nivel son elementos de discontinuidad, por representar situaciones críticas que requieren tratamiento específico, teniendo en consideración

---

<sup>2</sup> (Chávez Loaiza, 2005, pág. 5)

que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos.

Las intersecciones, deben contener las mejores condiciones de seguridad, visibilidad y capacidad, posibles.

### 2.2.1.1 Denominación y tipos de intersección a nivel

Las Intersecciones a nivel tienen una gran variedad de soluciones, no existiendo de aplicación general, por lo que en la presente norma se incluyen algunas soluciones más frecuentes.

Una Intersección se clasifica principalmente en base a su composición (número de ramales que convergen a ella), topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido o impuesto.

**Tabla 1**  
Tipos de intersección a nivel

Intersección ramales	Ramales	Ángulos de cruzamiento
Ángulos	Tres	Entre 60° y 120°
En Y	Tres	<60° y >120°
En X	Cuatro	<60°
En +	Cuatro	>60°
En estrella	Más de cuatro	-
Intersecciones	Más de cuatro	-

Fuente: Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018

Cada uno de estos tipos básicos puede variar considerablemente en forma, desarrollo o grado de canalización

**Intersecciones de 3 ramas.** Son las intersecciones en “T”, en las que es importante determinar la vía principal para asignar los derechos de paso, y privilegios en el diseño.

**Intersecciones de 4 ramas.** Los tipos más comunes de intersecciones de 4 ramas se muestran en los esquemas siguientes. Se puede notar que siempre estas intersecciones se asemejan a una cruz.

**Intersecciones de más ramas.** Estas son las menos frecuentes, el motivo es que no son las más convenientes y en general deben evitarse, salvo que las ramas excedentes de las cuatro normalmente aceptadas sean vías cuyo sentido de tránsito sea de salida de la intersección. Este tipo de intersecciones suelen responder a configuraciones urbanas antiguas que se solucionaron con la incorporación de óvalos.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> (Chávez Loaiza, 2005)

**Figura 1**  
Variedad de tipos de intersección a nivel

DE TRES RAMALES	EMPALME EN T	SIMPLE	ENSANCHADA	CANALIZADAS	
	EMPALME EN Y	SIMPLE	CANALIZADAS		
DE CUATRO RAMALES	INTERSECCIÓN EN +	SIMPLE	ENSANCHADA	CANALIZADA	
	INTERSECCIÓN EN X	SIMPLE	ENSANCHADA	CANALIZADA	
ESPECIALES		EN ESTRELLA		ROTONDA	
		EN ESTRELLA		ROTONDA	

Fuente: Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018

#### 2.1.4 Intersección a desnivel

Es una solución de diseño geométrico, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas en niveles diferentes, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos posibles de cambios de trayectoria de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible.

El objetivo de las intersecciones a desnivel es separar los flujos en diferentes niveles por medio de vías inferiores o superiores, usando estructuras tales como puentes,

túneles, viaductos, rotondas entre otras estructuras que permitan un cruce de vías en los cuales no se interrumpe el flujo directo del tráfico en uno o más caminos

Las intersecciones, deben contener las mejores condiciones posibles de seguridad, visibilidad, funcionalidad y capacidad.

En las autopistas de Primera Clase, es condición indispensable que toda intersección sea a desnivel, en cambio en las autopistas de Segunda Clase y carreteras de Primera Clase, es posible la combinación de intersecciones a nivel y desnivel.

### **2.2.1.2 Clasificación y tipo de intersecciones a desnivel**

Los pasos a desnivel son construidos para aumentar la capacidad o el nivel de servicio de las intersecciones, generalmente se presentan como un conjunto de ramales que se proyecta para facilitar el paso del tránsito entre unas vías que se cruzan en diferentes niveles. Se tienen en cuenta características como funcionalidad, capacidad, seguridad vial y factibilidad de las vías para evaluar la utilización de intersecciones a desnivel, en ese sentido y también incluyendo la geometría de las carreteras que se van a conectar se clasifican en diferentes tipos de intersecciones a desnivel

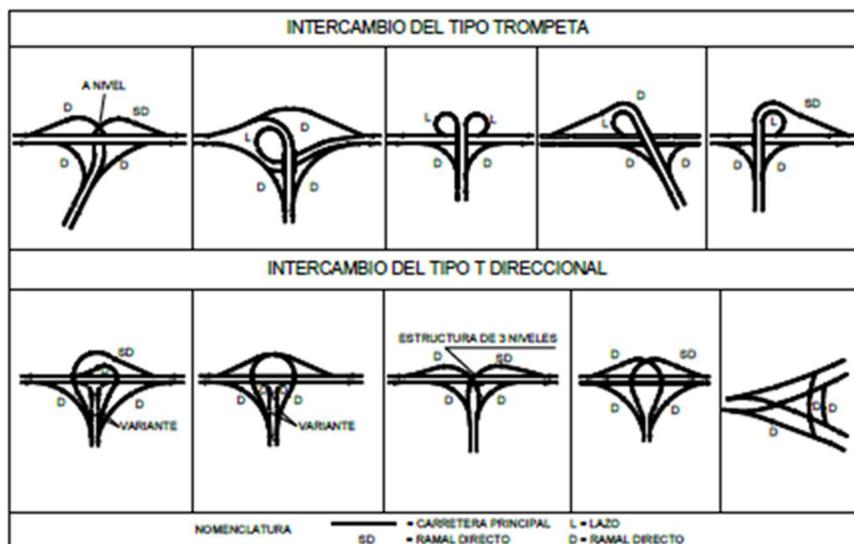
La clasificación y tipo de intersecciones a desnivel son las siguientes:

- Intercambios de Tres Ramas: Tipo Trompeta "T", Direccionales en "T" y Direccionales en "Y".

Un intercambio de tres ramas es característico de las situaciones en las que una carretera se incorpora a otra, perdiendo desde ese punto su continuidad.

Las intersecciones tipo T y Y son utilizadas generalmente para conectar una vía transversal a una carretera principal, consisten en tres ramales que permiten que los giros a la derecha y la izquierda sean directos.

**Figura 2**  
Intercambio de tres ramas



Fuente: Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018

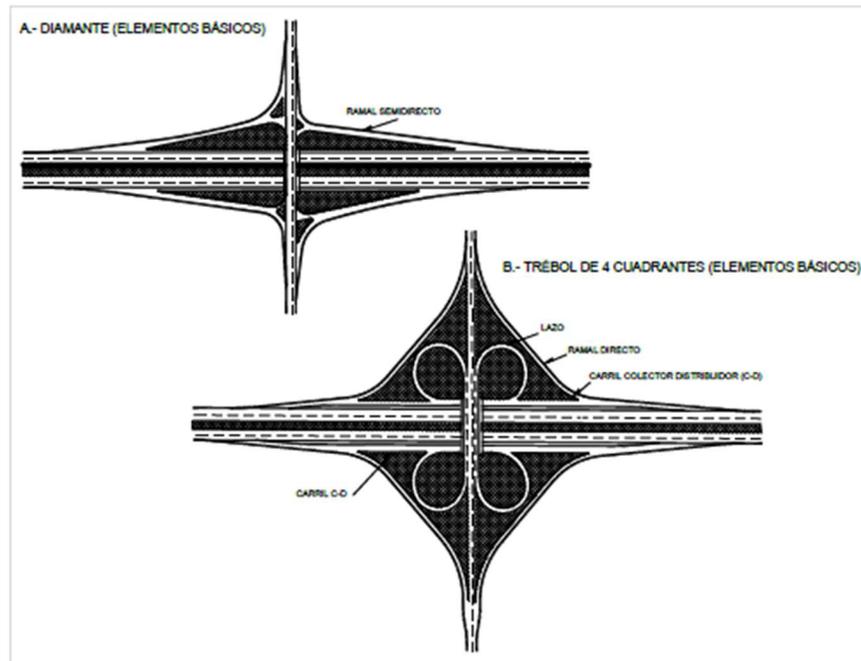
- Intercambios de Cuatro Ramas con Condición de Parada: Tipo Diamante – Clásico, Tipo Diamante – Partido y Tipo Trébol Parcial (2 cuadrantes).

Un intercambio de cuatro ramas es característico de las situaciones en las que una carretera se incorpora a otra, sin perder su continuidad, con detención de algunos flujos de tránsito o libre circulación

La intersección a desnivel tipo diamante se usa tanto en vías urbanas como en vías rurales. Se trata de una intersección de cuatro ramales con condición de parada, en el que todos los giros a la izquierda se resuelven con intersecciones de todos los flujos. Normalmente es preferible que la vía principal ocupe el nivel inferior, con cuya disposición las vías de enlace son más cortas por ser la pendiente favorable para la aceleración y desaceleración de los vehículos que entran y salen.

**Figura 3**

Tipos característicos de intercambios de cuatro ramas



Fuente: Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018

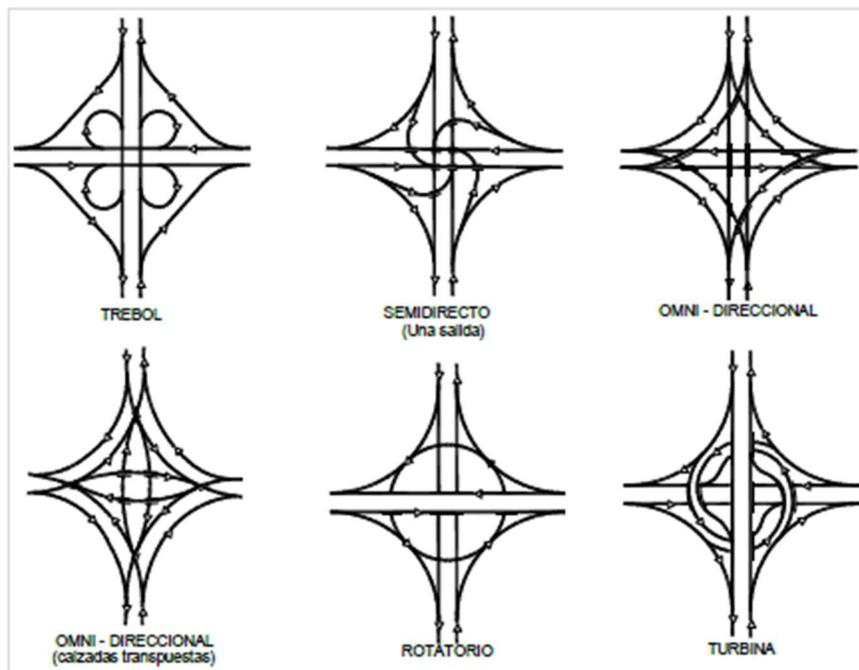
- Intercambios de Cuatro Ramas de Libre Circulación: Tipo Trébol Completo (4cuadrantes), Rotatorios, Omnidireccionales, de Tipo Turbina y de más de Cuatro Ramas

Este tipo de diseño es particularmente usado donde un número de caminos se conectan donde el espacio es lo suficientemente grande para construirla. Esta requiere la construcción de dos puentes. El camino principal va por encima o por debajo de la intersección rotatoria y los cambios de movimientos son acomodados por una rampa diagonal. La capacidad de una intersección rotatoria es similar a la de una intersección rotatoria a nivel.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> (Dirección general de caminos y ferrocarriles, 2018)

Figura 4

Intercambios tipo trébol simétricos de libre circulación



Fuente: Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018

Su diseño depende de factores como los volúmenes horarios de proyecto, el carácter y la composición del tránsito y la velocidad del proyecto<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> (Uribe Celiz, 2006)

**Figura 5**  
Tipos de interacción a desnivel

DE CUATROS RAMAS				DE TRES RAMAS	
DE LIBRE CIRCULACIÓN		CON CONDICIÓN PARADA		DIRECCIONALES	TROMPETAS
OTROS	TREBOL COMPLETO	DIAMANTES	TREBOL PARCIAL		

Fuente: Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018

### 2.2.1.3 Ramales

Los ramales interconectan las vías involucradas en la intersección vial, pudiendo adoptar una variedad de formas, agrupándose básicamente en tres categorías en función a sus formas: ramales directos, semidirectos y de enlace.

- Ramal directo

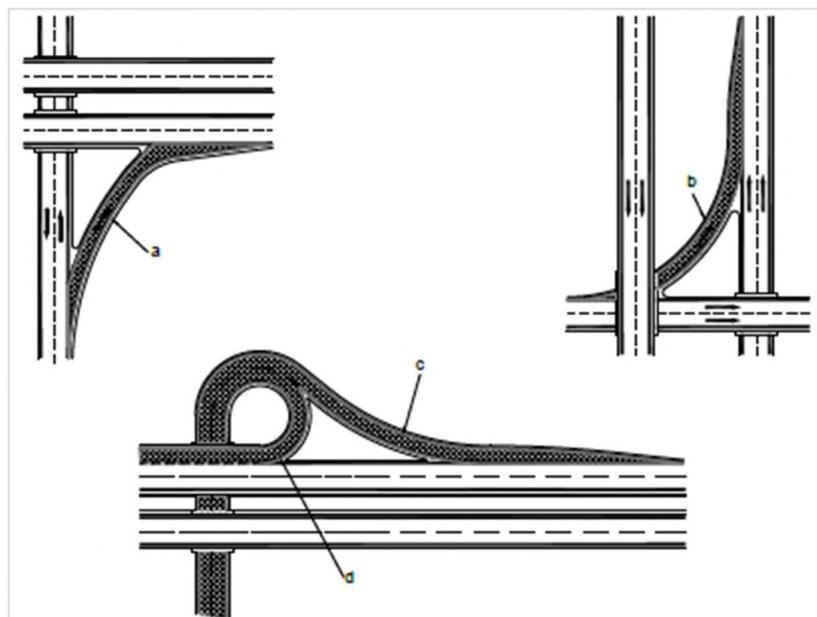
Se utiliza si el tránsito que gira es mayor que el del movimiento de paso del que diverge y del que converge.

- Ramal semidirecto

Se utiliza si el tránsito que gira es mayor que el del movimiento de paso del que diverge por la izquierda (o del que converge por la izquierda)

- Ramal de enlace

**Figura 6**  
Ramales de enlace



Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

## **2.3 Diseño geométrico de intersecciones a desnivel**

Existen varios elementos para tener en cuenta al momento de diseñar una intersección, y varían según las condiciones particulares de cada una. En términos generales las etapas que se deben seguir para un adecuado diseño.

### **2.1.5 Geometría**

En su geometría se deben tomar en cuenta dos aspectos importantes que son:

#### **2.3.1.1 Topografía**

Las condiciones topográficas y su homogeneidad son importantes para la geometría de una intersección a desnivel. Cuanto más abrupta sea la topografía menor será su velocidad de diseño. Aunque se cuente con los recursos suficientes, los aspectos ambientales, geológicos y geotécnicos pueden condicionar las especificaciones de la vía en terrenos montañosos.

Se debe establecer desde un principio las características geométricas de la vía, como radio mínimo, pendiente máxima, vehículo de diseño, sección transversal, etc. Como el problema radica en determinar la ruta que mejor satisfaga las especificaciones técnicas que se hallan establecido y para lo cual las características topográficas, naturaleza de los suelos y el drenaje son determinantes, el método de estudio variará de acuerdo al tipo de terreno. Se considera entonces el análisis por separado según se trate de terreno plano o accidentado.

### **Tipos de terreno**

La topografía del terreno atravesado influye en el alineamiento de carreteras y calles. La topografía afecta el alineamiento horizontal, pero este efecto es más evidente en el alineamiento vertical. Para caracterizar las variaciones los ingenieros generalmente dividen la topografía en tres clasificaciones, de acuerdo con el tipo de terreno: plano, ondulado y montañoso. En Colombia debido a su difícil topografía se ha considerado un tipo de terreno adicional, el escarpado.

Cada tipo de terreno obliga, en términos generales, a unos diferentes patrones generales de diseño. A continuación, se hace un análisis sobre los aspectos más importantes en el trazado de una vía de acuerdo al tipo de terreno <sup>6</sup>

**Terreno plano.** Está constituido por amplias extensiones libres de obstáculos naturales y una cantidad moderada de obras construidas por el hombre, lo que permite seleccionar con libertad el emplazamiento del trazado haciendo uso de muy pocos elementos de características mínimas. El relieve puede incluir ondulaciones moderadas de la rasante para minimizar las alturas de cortes y terraplenes; consecuentemente la rasante de la vía estará comprendida mayoritariamente entre  $\pm 3\%$

**Terreno Ondulado.** Está constituido por un relieve con frecuentes cambios de cota que, si bien no son demasiado importantes en términos absolutos, son repetitivos, lo que obliga a emplear frecuentemente pendientes de distinto sentido que pueden fluctuar entre 3 al 6%, según la Categoría de la ruta. El trazado en planta puede estar condicionado en buena medida por el relieve del terreno, con el objeto de evitar cortes y terraplenes de gran altura, lo que justificará un uso más frecuente de elementos del orden de los mínimos. Según la importancia de las ondulaciones del terreno se podrá tener un Ondulado Medio o uno Franco o Fuerte.

**Terreno Montañoso.** Está constituido por cordones montañosos o “Cuestas”, en las cuales el trazado salva desniveles considerables en términos absolutos. La rasante del proyecto presenta pendientes sostenidas de 4 a 9%, según la Categoría del Camino, ya sea subiendo o bajando. La planta está controlada por el relieve del terreno y también por el desnivel a salvar, que en oportunidades puede obligar al uso de Curvas de Retorno. En consecuencia, el empleo de elementos de características mínimas será frecuente y obligado.<sup>7</sup>

Una vez determinados los puntos de control y ubicados en el terreno, el trabajo se reduce a enlazarlos con el mejor alineamiento posible. En el campo esta actividad se

---

<sup>6</sup> (Agudelo Ospina, 2002)

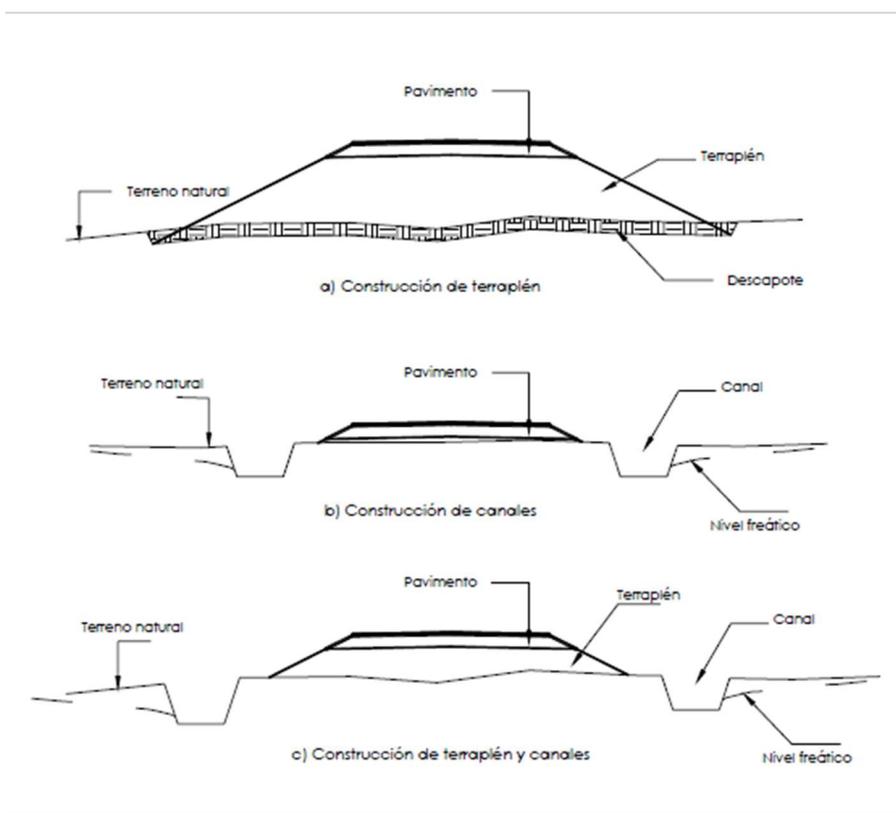
<sup>7</sup> (Carreteras, 2007)

puede llevar a cabo de una manera rápida y segura dado la existencia de equipos de gran alcance y precisión como el distanciómetro, estación total o inclusive el GPS.

Cuando se trata de una topografía muy plana el estudio de rutas se puede reducir de manera considerable. Es fácil determinar cuál es la mejor alternativa por lo cual los estudios de línea de ceros y del trazado de la línea ante preliminar, no requieran ser realizados, siendo posible definir de forma directa en el terreno el trazado de la línea preliminar.

**Figura 7**

Construcción de carretera terreno plano



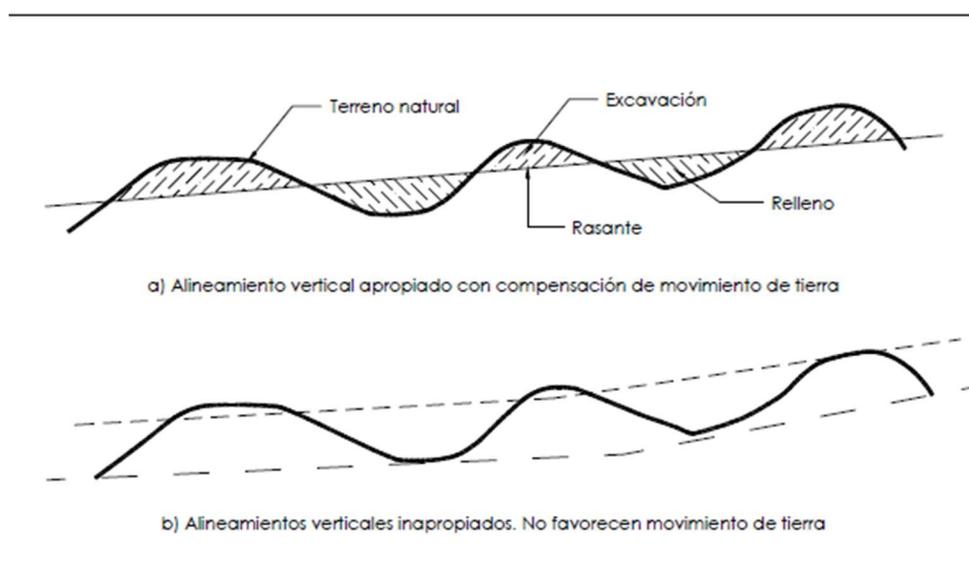
Fuente: Diseño geométrico de Vías ajustado al Manual Colombiano

En el terreno ondulado el diseño se orienta a buscar una compensación entre los volúmenes de corte y terraplén. Esta compensación contribuye a que las magnitudes de los cortes y los llenos se mantengan en niveles razonables, con lo cual se incrementa su estabilidad. Al lograr esto se alcanza también una disminución en los

costos del movimiento ya que la magnitud de los cortes disminuye y parte de este material puede ser usado en la construcción de muchos terraplenes. Esta solución no solamente favorece la parte económica sino también la ambiental y de igual manera se requiere una menor disponibilidad de sitios para depositar el material de corte.

**Figura 8**

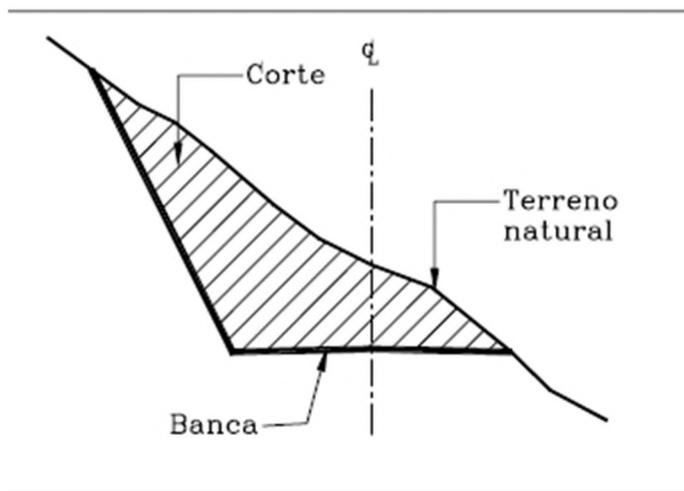
Diseño alineamiento vertical en terreno ondulado



Fuente: Diseño geométrico de Vías ajustado al Manual Colombiano

En terrenos montañosos el alineamiento horizontal presenta restricciones para la visibilidad ya que es difícil obtener tangentes largas y radios de curvatura amplios. Es importante además evaluar la composición vehicular que pueda tener la vía ya que si el porcentaje de vehículos pesados es alto el proyecto puede ser poco funcional ya que su nivel de servicio inicial es muy bajo.

**Figura 9**  
Sección en ladera



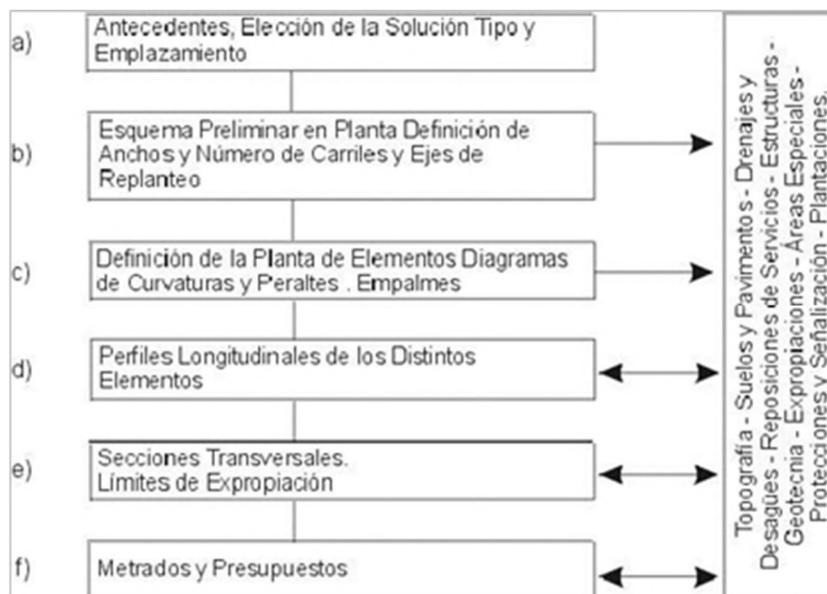
Fuente: Diseño geométrico de Vías ajustado al Manual Colombiano

### 2.3.1.2 Dimensionamiento

Para realizar el dimensionamiento de la intersección a desnivel es necesario seguir un esquema general de diseño que presenta una secuencia general de las actividades que comprenden el diseño geométrico de un intercambio vial a desnivel.

**Figura 10**

Actividades de diseño geométrico de una intersección a desnivel



Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

Las seis etapas del indicado esquema, contiene al lado izquierdo, el conjunto de actividades que abarcan el diseño propiamente dicho del intercambio vial a desnivel; en tanto que, al lado derecho, considera las actividades que indirectamente interactúan con él y entre sí durante el diseño del proyecto.

### **Criterios generales de diseño**

Para el diseño geométrico de una intersección a desnivel, se debe partir de los resultados del estudio de tráfico correspondiente.

#### **a) Capacidad de las vías y flujos emergentes**

En la Tabla 2, se indica la capacidad de las vías principales y de las vías de enlace en intersecciones a desnivel.

**Tabla 2**  
Capacidad de las vías en intersecciones a desnivel

Tipo de Vía	Ancho del Carril (metros)	Capacidad por carril (vehículo/hora)
Vía Principal	3.6	1500
Vía Secundaria	3.3	1350
Vía de Enlace	-	1200
Carril de declaración		1200 Colocar señal informativa antes de llegar a la intersección (200 m)

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

Flujo emergente, es el máximo proveniente del carril más cercano anterior al punto de entrada, más el flujo de la vía secundaria que conecta a la principal. Por lo general dicho flujo está comprendido entre 1.300 y 2.000 vehículos/hora. Si el flujo que emerge es superior a 2.000 vehículos/hora, se debe proveer un carril adicional en la vía principal, más allá del punto de intersección.

### **b) Diseño en planta**

#### **Sección de entrecruzamiento**

La sección de entrecruzamiento corresponde a aquel dónde se entrecruzan los distintos flujos vehiculares que siguen un mismo sentido de circulación, la cual consta del número mínimo de carriles que se requiere en la sección de entrecruzamiento, y la longitud mínima de la indicada sección de entrecruzamiento.

El número mínimo de carriles de entrecruzamiento, se determina de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$N = \frac{(W1 + KW2 + F1 + F2)}{c}$$

Dónde:

N=Número de carriles de entrecruzamiento.

W1= Volumen vehicular mayor que se entrecruza.

$K$ =Factor de entrecruzamiento (1 a 3)

$W_2$ =Volumen vehicular menor que se entrecruza.

$F_1, F_2$ = Flujos exteriores que no se entrecruzan.

$C$ =Capacidad normal del carril de la vía principal.

Por último, es conveniente que, para verificar la conveniencia técnica de la solución, se lleve a cabo el análisis con un modelo de simulación de tránsito, que permita examinar el funcionamiento de la intersección en conjunto con la malla vial aledaña.

En la Tabla 3, se presentan volúmenes vehiculares por hora de servicio, correspondientes a la calidad del flujo deseado.

**Tabla 3**

Volúmenes vehiculares de servicio según la calidad de flujo

Calidad de Flujo	C: (Volumen por carril)
I	2000
II	1900
III	1800
IV	1700
V	1600

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

La calidad de flujo deseado, equivale a lo que se denomina niveles de servicio en la capacidad de las carreteras con tránsito ininterrumpido. La Tabla 4, presenta la relación existente entre el nivel de servicio y la calidad de flujo en los tramos de entrecruzamiento.

**Tabla 4**

Relación entre el nivel de servicio y la calidad de flujo en tramos

Nivel de servicio	Calidad de flujo en tramos de entrecruzamiento			
	Autopistas		Carretera de dos carriles	Vías urbanas
	En la propia carretera	Carreteras conexión, colectoras, distribuidoras y de enlace		
A	I-III	II-III	II	III-IV
B	II	III	II-III	III-IV
C	II-III	III-IV	III	IV
D	III-IV	IV	IV	
E	IV-V	V	V	IV
F	-	Insatisfactorio		V

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

Las longitudes mínimas de la sección de entrecruzamiento, se presentan en la Tabla 5, y que corresponden a los siguientes valores mínimos absolutos:  $V = 50$  km/h,  $C=1700$  y  $K=3$ .

**Tabla 5**

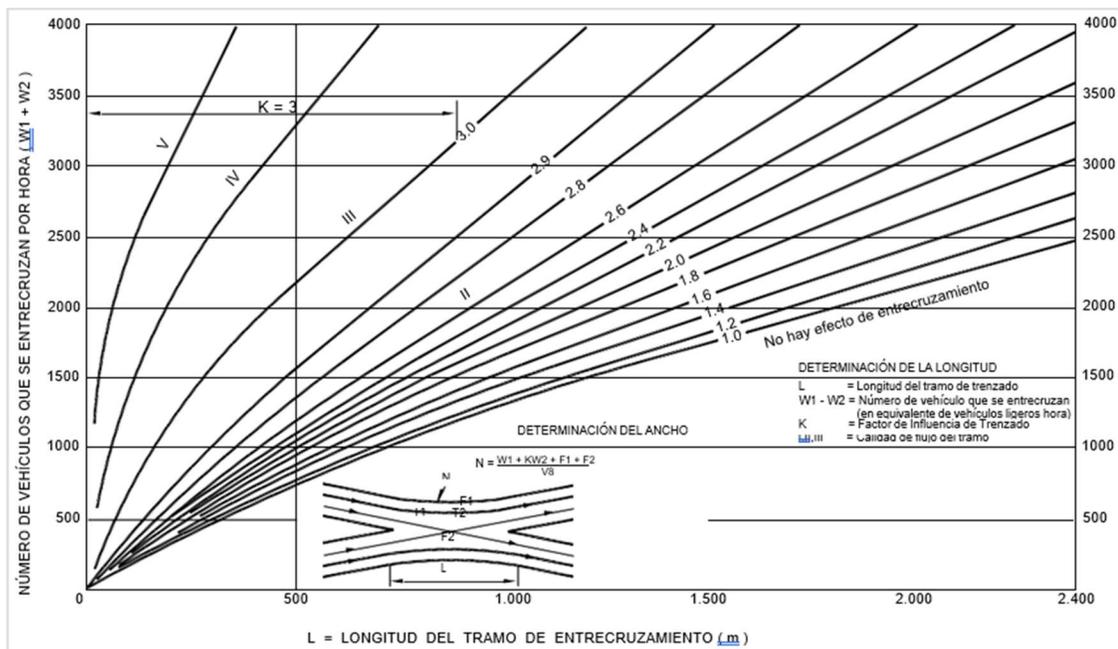
Longitudes mínimas de entrecruzamiento

Volumen de entrecruzamiento = $W1 + W2$ (vehículo/hora)	Longitud mínima de la sección de entrecruzamiento (m)
1000	75
1500	120
2000	200
2500	290
3000	410
3500	565

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

Es factible proporcionar longitudes mayores que las mínimas indicadas en la tabla que antecede, en tales casos puede hacerse una corrección en el número de carriles, cambiando el valor de  $K$  por el que corresponda en la Figura 503.15, al usar una mayor longitud de entrecruzamiento.

**Figura 11**  
Longitudes mayores de entrecruzamiento



Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

En el análisis de las secciones de entrecruzamiento, debe tenerse en consideración lo siguiente:

- Cuando  $N$  es menor que 3, para un volumen total con un volumen exterior superior a 600 vehículos/hora, se debe suministrar un carril adicional para el flujo exterior.
- Cuando  $N$  es menor que 4, para un volumen total con dos volúmenes exteriores superiores a 600 vehículos/hora (cada uno), se debe suministrar un carril adicional a cada uno.
- No se tendrá en cuenta el entrecruzamiento, si la distancia en metros entre las vías de entrada y salida es igual o superior a 0,8 veces el volumen horario que se entrecruza.
- Dónde emergen dos vías, el número de carriles más allá del punto de entrada, no debe ser menor que la suma de los carriles de las calzadas que emergen menos uno (1).
- Más allá del punto de salida, el ancho de la calzada principal no se debe reducir en más de un carril.

### **Balance de carriles**

En el diseño de intersecciones a desnivel, debe efectuarse un balance de carriles, que contemple lo siguiente:

- La distancia entre puntos de salida sucesivos, debe ser al menos, la longitud del carril que interviene en el cambio de velocidad y debe incrementarse hasta dónde sea necesario, para facilitar las maniobras y la señalización.
- La distancia mínima entre puntos consecutivos de entrada y salida, debe ser 180 m.
- El ángulo deseable entre la vía de enlace o secundaria y la calzada de la vía principal, debe estar entre  $4^\circ$  y  $5^\circ$ .
- La longitud mínima de las narices de entrada y salida, debe ser de 45 m.
- Si después de una punta de salida, el ancho de la vía principal se reduce en un carril, la reducción debe hacerse mediante una línea diagonal cuya longitud sea superior a 90 m, medidos a partir de la nariz de salida.

### **Carriles de cambio de velocidad**

Los carriles de cambio de velocidad, deben ubicarse en los tramos en tangente y dónde los estándares del trazo longitudinal y del nivel de visibilidad son altos, no se deben ubicar en los alineamientos curvos de la vía principal.

**Vías de enlace.** En la Tabla 6 se presentan los criterios correspondientes a velocidad de diseño, ancho de la calzada y pendiente en vías de enlace de intersecciones a desnivel.

**Tabla 6**

Velocidad de diseño, ancho de calzada y pendiente en vías de enlace

Descripción	Criterio	
Velocidad de diseño	Adecuarla a la demanda de tránsito para lograr una capacidad suficiente y, por homogeneidad, se procurará que no sea inferior a la mitad de la velocidad correspondiente a la vía de la que procede. Si es un enlace, mínimo 25 km/h.	
Ancho de calzada	Mínimo 4,0 m de calzada. Si el volumen de tránsito amerita el suministro de una vía de enlace con dos carriles, el ancho de la calzada se debe incrementar a 7,20 m.	
Sobreancho	No serán de aplicación los correspondientes a las vías principales y únicamente para radios menores de 30,0 m el ancho de calzada será de 4,50 m.	
Pendiente	Normal < 5%	
	Máxima	8% Tránsito liviano
		5% mayor porcentaje de tránsito pesado

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

La Tabla 7, contiene valores mínimos de velocidades de diseño en ramales de enlace.

**Tabla 7**

Valores mínimos de velocidades de diseño en ramales de enlace

		Enlaces directos entre autopistas			Enlaces directos				Enlaces semidirectos				Lazos			
		V.D Carretera de destino (km/h)														
		80	100	120	40	60	80	100	120	40	60	80	100	120	40- 80	100- 120
V.D Carretera de origen (km/h)	40					30	30	35	40		30	30	35	40	25	30
	60				30	35	40	45	50	30	35	40	45	30	35	
	80	60	65	70	45	50	55	60	40	45	50	35				
	100	70	80	70	60	40										
	120	80	90	100	80	70	50									

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

**Notas:**

- Las velocidades de diseño de enlace indicadas en la tabla son las mínimas deseables, las que pueden disminuir en 5 km/h cada vez, hasta un mínimo de 25 km/h; es aplicable desde 40 km/h, a cualquier velocidad de diseño de la carretera de destino.
- Para Velocidades de diseño de una o ambas vías, que sean intermedias entre los valores dados, se deberá interpolar.
- Si el ramal es de doble sentido, se aplica el valor que corresponda al sentido más exigente.

La Tabla 8, contiene valores de radios mínimos con peraltes máximos en ramales de enlace.

**Tabla 8**

Radios mínimos con peraltes máximos en ramales de enlace

V Ramal (km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
f máx %	31	28	25	23	21	19	18	17	16	15	14	13	13
p máx %	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7,5	7	6,5	6,5
R mín. adoptado	15	20	30	40	55	75	90	120	140	170	240	330	400

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

En la Tabla 9, se presentan valores de parámetros mínimos (Amín) de clotoides de transición, para determinadas velocidades de diseño y radios mínimos.

**Tabla 9**

Parámetros mínimos de clotoides

Vp. Ramal (km/h)	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
R mín. (m)	25	35	45	60	75	90	120	170	240	330	400
A mín. (m)	20	30	35	40	50	60	70	100	135	160	190

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

**Espaciamiento entre intersecciones a desnivel.** Para la definición del espaciamiento entre intersecciones a desnivel se establecen los siguientes criterios:

- Mínimo espaciamiento: 800 metros
- Espaciamiento ideal: 1.200 metros

#### a) Diseño en perfil

El diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical, está constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, a los cuales dichas rectas son tangentes; en cuyo desarrollo, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, en positivas, aquellas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de cotas.

El alineamiento vertical deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas verticales que pueden ser cóncavas o convexas, y el de la velocidad de diseño y a su vez, controla la distancia de visibilidad.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten lograr una transición paulatina entre pendientes de distinta magnitud y/o sentido, eliminando el quiebre de la rasante. El adecuado diseño de ellas asegura las distancias de visibilidad requeridas por el proyecto.

### **Pendiente**

**Pendiente mínima.** Es conveniente proveer una pendiente mínima del orden de 0.5%, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales.

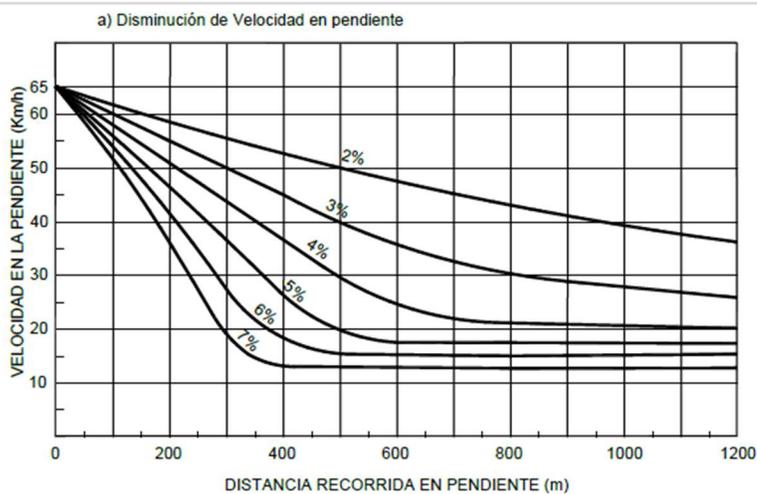
**Pendiente máxima.** Es conveniente considerar las pendientes máximas que están indicadas en la Tabla 8.

**Pendientes máximas excepcionales.** Excepcionalmente, el valor de la pendiente máxima podrá incrementarse hasta en 1%, sin embargo, deberá justificarse técnica y económicamente la necesidad de dicho incremento.

### **Longitud de la pendiente**

La Figura 12, ilustra el efecto de las pendientes uniformes de subida, de longitudes dadas, sobre la velocidad de operación de camiones.

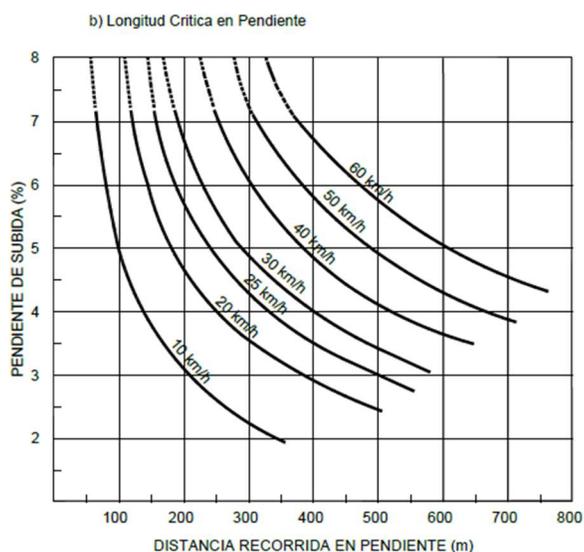
**Figura 12**  
Disminución de velocidad



Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

La Figura 13, ilustra el concepto de la longitud crítica en pendiente, es decir, la combinación de magnitud y longitud de pendiente que causa un descenso en la velocidad de operación del camión de “X” km/h.

**Figura 13**  
Magnitud crítica



Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

Si la longitud y magnitud de una pendiente inevitable produce descensos superiores a los 25 km/h, en especial en caminos bidireccionales donde no existe visibilidad para adelantar, debe realizarse un análisis técnico económico a fin de establecer la factibilidad de proyectar carriles de ascenso. En pendiente, como norma general, es recomendable no superar los 15 km/h de caída de velocidad, para camiones.

### **Curvas verticales**

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor del 1%, para carreteras pavimentadas y del 2% para las demás.

Dichas curvas verticales parabólicas, son definidas por su parámetro de curvatura K, que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, en metros, para cada 1% de variación en la pendiente, así:

$$K = L/A$$

Dónde,

K= Parámetro de curvatura

L=Longitud de la curva vertical

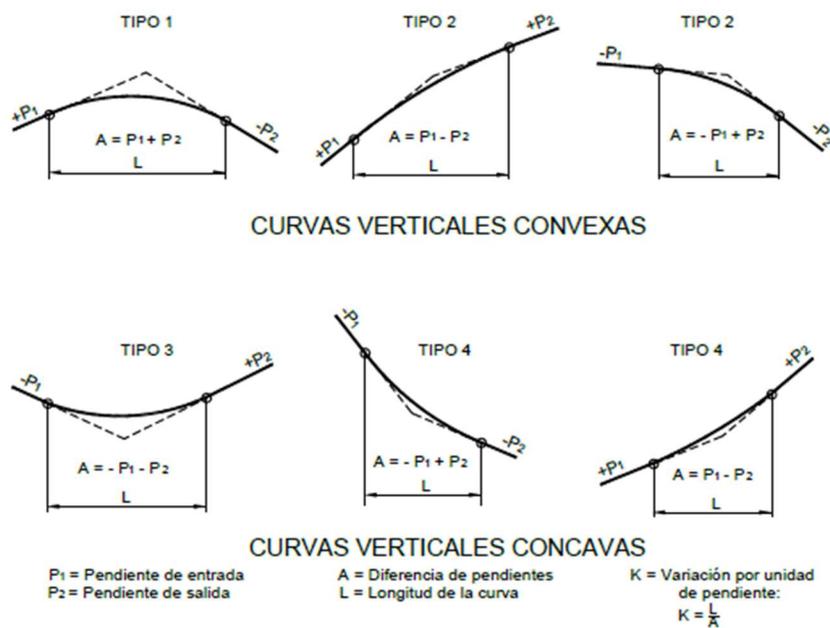
A=Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

### **Tipos de curvas verticales**

Las curvas verticales se pueden clasificar por su forma como curvas verticales convexas y cóncavas y de acuerdo con la proporción entre sus ramas que las forman como simétricas y asimétricas. En la Figura 14 se indican las curvas verticales convexas.

Figura 14

Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas



Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

**Longitud de curvas convexas**

La longitud de las curvas verticales convexas, se determina con las siguientes fórmulas:

**b) Para controlar la visibilidad de parada ( $D_p$ )**Cuando  $D_p < L$ ;

$$L = \frac{A * D_p^2}{100 * (\sqrt{2 * h_1} + \sqrt{2 * h_2})^2}$$

Cuando  $D_p > L$ ;

$$L = 2 * D_p \frac{200 * (\sqrt{2 * h_1} + \sqrt{2 * h_2})^2}{A}$$

Donde para todos los casos

L=Longitud de la curva vertical (m)

 $D_p$ = Distancia de visibilidad de parada (m)

A=Diferencia algebraica de pendientes (%)

h1= Altura del ojo sobre la rasante (m)

h2=Altura del objeto sobre la rasante (m)

**a) Para contar con la visibilidad de adelantamiento o paso (Da).**

Cuando:  $D_a < L$

$$L = \frac{A * D_p^2}{946}$$

Cuando:  $D_a > L$

$$L = 2 * D_p - \frac{946}{A}$$

Dónde:

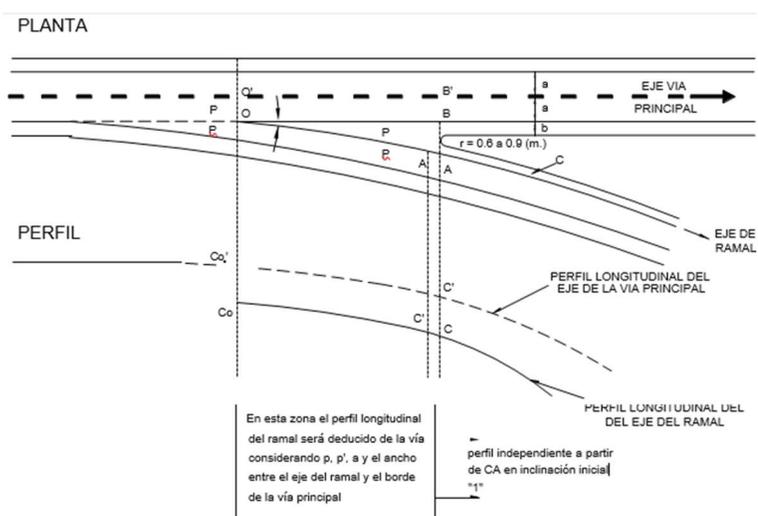
$D_a$ =Distancia de visibilidad de adelantamiento o Paso (m)

L y A= Idem (a)

En la Figura 15, se muestra el detalle en planta y perfil de un ramal.

**Figura 15**

Planta y perfil de un ramal



Dónde:

A=Ancho carril vía principal

O=Origen del eje ramal (en este caso, sobre el borde de la calzada)

O'= Proyección de O sobre el eje de la vía principal

P=Peralte del carril contiguo al ramal

p1=Inclinación transversal de la punta (de preferencia igual a p)

p2=Peralte del ramal (es variable en la zona de transición)

AB=Ancho de la punta en la nariz: distancia entre bordes de calzada a partir del cual el eje longitudinal del ramal se independiza. En este caso:  $c + b + 0.6 < AB < c + b + 0.9$ .

A'=Punto próximo a A dentro de la cuña y sobre el eje del ramal (AA') 1 m.

CO=Cota de O'

CO=Cota de origen del ramal ( $Co = CO' \pm a p$ )

CB=Cota del eje de la vía principal en la nariz (en B')

CB=Cota del borde del carril en la nariz ( $CB = CB' \pm a p$ )

CA=Cota de partida del perfil longitudinal del ramal en su zona independiente ( $CB \pm AB \cdot p1$ )

CA'=Cota del puente A' (Se deduce igual que CA)'

i=Pendiente inicial del P.L. del ramal en su zona independiente  $i = (CA - CA') / AA'$

En la Tabla 10 se presenta los parámetros mínimos para el perfil longitudinal de ramales, en función a la velocidad de diseño.

**Tabla 10**

Parámetros mínimos para el perfil longitudinal de ramales

V Ramal (km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
Distancia visibilidad de parada(m)	20	26	32	39	47	55	65	75	85	95	120	145	175
K Convexo(m)	300	300	300	400	525	700	1000	1400	1700	2200	3500	5000	7200
K Cóncavo (m)	250	350	450	600	800	1000	1200	1500	1750	2000	2700	3400	4200
L mínimo (m)	15	20	20	22	25	28	32	35	40	50	60	80	100
Inclinaciones máximas de rasante (%)	± 8.0	± 8.0	± 8.0	± 8.0	± 7.5	± 7.0	± 6.5	± 6.0	± 6.0	± 5.5	± 5.0	± 4.5	± 4.0

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

**Notas:**

- a) Los parámetros mínimos recomendables para una V dada, son aquellos correspondientes a la V 10 km/h superior.
- b) En lugares dónde se prevean formaciones de hielo, las pendientes no deben exceder el 6%.

$$K = \frac{L}{A}$$

, L= Longitud de curva vertical

A= Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes.

**c) Diseño de la sección transversal**

El diseño geométrico de la sección transversal, consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

La sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que cumplan y de las características del trazado y del terreno.

Constituyen secciones transversales singulares, las correspondientes a las intersecciones vehiculares a nivel o desnivel, los puentes vehiculares, pasos peatonales a desnivel, túneles, estaciones de peaje, pesaje y ensanches de plataforma.<sup>8</sup>

**Elementos de la sección transversal.** Los elementos que conforman la sección transversal de una intersección a desnivel son: Calzada, bermas, cunetas, sardineles y protecciones son los elementos principales que se unen a las condiciones del terreno (taludes de corte y terraplén) para definir las secciones transversales de un ramal. Ocasionalmente pueden aparecer separadores que serán tratados como islas divisorias

Lo referido a cunetas y taludes no serán abordados en el diseño de una intersección a desnivel, los anchos de calzada, bermas y peraltes, han sido expuestos en las tablas 6, 7,8 respectivamente, por ser necesarios para la definición en planta del intercambio

**Transición del peralte.** El desarrollo del peralte debe iniciarse cuando el ramal de giro haya adquirido un ancho mínimo de 0,50 m., de preferencia 1,00 m, en los casos en que existe longitud suficiente para alcanzar el desarrollo total.

**Arista común entre Vía de Paso y Ramal de giro.** La comodidad del paso desde la vía principal al ramal exige la limitación del peralte a elegir, esto se norma en la tabla 11.<sup>9</sup>

**Tabla 11**

Diferencia algebraica entre inclinación el peralte del ramal

Velocidad de diseño en ramal (km/h)	Diferencia Algebraica (Pcarretera – Pramal) %
25 – 30	5 – 8
40 – 50	5 – 6
>60	4 – 5

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

### 2.1.6 Tráfico

La ingeniería de tráfico Es la parte que está obligada a realizar los estudios técnicos necesarios y a partir de los análisis de estos se plantean soluciones reales y adecuados. Es

<sup>8</sup> (Dirección general de caminos y ferrocarriles, 2018)

<sup>9</sup> (Chávez Loaiza, 2005)

aquí donde participa en forma decidida el ingeniero de tráfico quien deberá recabar la mayor información posible de las condiciones de circulación actual.

### **2.3.1.3 Metodología**

Dentro de la ingeniería de tráfico para la realización de diferentes estudios ya sean estos de carácter puntual o general, se debe tener una metodología previamente establecida, la mejor metodología implantada por experiencias ya vividas en algunos estudios en diversos países se recomienda la siguiente:

- 1.- Recopilación de datos
- 2.- Procesamiento y análisis
- 3.- Planteamiento de soluciones
- 4.- Seguimiento y control de resultados

**Recopilación de datos.** Para iniciar un estudio de tráfico requerimos información de campo que puede ser eminentemente técnica o también complementaria dependiendo del tipo de estudio y su magnitud la recolección de datos abarcará aforos de velocidades, aforos de volúmenes de tráfico estudios de demanda de estacionamientos, medición de la oferta de estacionamiento, medición del comportamiento de semáforos existentes, toma de información sobre ascensos y descensos de pasajeros en el transporte público, inventario de señalización, etc. Dependerá de cada proyecto o estudio para que se tenga que recabar parte o todo de la información de campo.

**Procesamiento y análisis.** Toda información que se obtenga de la recolección de datos serán procesados, para lo cual programas computacionales principalmente estadísticos pueden ser de utilidad es también útil la representación de la información procesados en esquemas gráficos que ayuden visualmente al análisis del problema. Se hará un análisis de toda la información procesada tratando siempre en lo posible de establecer relaciones entre todos los factores y de ser lo más técnico posible.

**Planteamiento de soluciones** Como el resultado del análisis se plantearán soluciones con un orden de priorización, es decir habrá algunas actividades inmediatas, otras a mediano

plazo y otras a largo plazo todas las soluciones tendrán que ser técnicas y que apunten a ser de bajo costo.

#### **2.3.1.4 Volúmenes de tráfico**

Se define como volumen de tráfico a la cantidad de vehículos que circulan en definida de una carretera o calle en un periodo de tiempo determinado que normalmente se toma 1 hora, 1 día dando origen a un nuevo concepto de tránsito diario y tránsito horario respectivamente.

##### **tránsito promedio diario (TPD)**

Es la cantidad de vehículos que circulan por una sección en un periodo de tiempo definido de un día, recibe la denominación de promedio cuando se hace un estudio por un tiempo mayor a un mes donde se repiten necesariamente los mismos días y aún más cuando el estudio se va a realizar durante un periodo de un año o más, este valor viene a representar el TPD anual (TPDA).

##### **Tránsito promedio horario (TPH)**

La cantidad de vehículos que circulan por una carretera o calle en un espacio o tiempo determinado de una hora es el TPH, ese valor es mucho más sensible que el TPD, es decir el TPH nos puede dar valores de variación horaria donde se puede identificar las variaciones de volumen que se producen en cada hora a lo largo del día pudiendo también obtenerse cuales son las horas de mayor volumen u horas pico, cuales las de menor volumen u horas de baja intensidad, etc. El TPH tendrá un valor máximo que teóricamente tendría que ser utilizado para fines de diseño geométrico, sin embargo, dado la posibilidad de que ese valor sea máximo solo se presente en pocas horas durante el día hacen que no sea un valor recomendable para el diseño.

##### **Recuento de volúmenes de tráfico**

El recuento de volúmenes se puede realizar de dos formas:

- a) Recuento Automático
- b) Recuento Manual

**Recuento automático.** Se considera recuento automático cuando se utiliza un contador automático que en base a pulsaciones eléctricas acciona un contador conectado a una membrana que esta transversal a la calzada, que a cada paso de un vehículo se va a accionar un pulso eléctrico que hará avanzar el contador.

**Recuento manual.** Si se quiere tener una información mucho más explícita sobre el tipo de vehículos, el número de ejes, el volumen por cada sentido, el volumen por cada carril, etc. El recuento manual resulta ser más efectivo, aunque ello requiera de mucho más personal de operadores o aforadores en definitivo representa un presupuesto.

Los recuentos manuales en la actualidad solo son usados para proyectos específicos cortos de corta duración o en forma periódica en algunos tramos de carreteras importantes

### **Periodo de recuento**

De acuerdo a las necesidades de cada proyecto o estudio se pueden tener tres tipos de recuento de acuerdo a la periodicidad.

- a) Permanente
- b) Periódicos
- c) De tiempo específico

**Recuentos permanentes.** Son aquellos que se realizan generalmente con contadores automáticos que han sido instalados en una sección de la carretera que se van registrando diariamente los volúmenes para luego procesarlos, tener las variaciones semanales, mensuales y anuales.

**Recuento periódico.** Cuando no se puede disponer de equipo permanente para toda la red vial que realice el trabajo del recuento de volúmenes se establece que es muy útil realizar recuentos periódicos en ciertas épocas del año que nos den valores confiables y significativos cuya correlación nos permita adoptar como valores promedio del año.

**Recuento de tiempo específico.** En el caso de estudios de variantes y ampliaciones por ser proyectos específicos involucran a un tramo definido o a un sector del trazo urbano definido se establece que recuentos en tiempos específicos pueden ser útiles en su

información para correlacionar con los ya existentes y coadyuvar a la toma de decisiones para dichos proyectos<sup>10</sup>

Es conveniente que los aforos manuales en intersecciones, se lleven a cabo por un mínimo de 12 horas, incluyendo en este espacio de tiempo las horas de mayor demanda. Por lo general, para la mayoría de los propósitos de ingeniería de tránsito, los aforos deben ser efectuados durante días representativos de un día de la semana típico (martes, miércoles y jueves) a menos que el objetivo del estudio requiera días de fin de semana.<sup>11</sup>

Para esto es necesario realizar una clasificación de vehículos según su tamaño y función.

**Tabla 12**  
Clasificación vehicular

Clasificación vehicular				
Según el tamaño			Según la función	
Liviano	Mediano	Pesado	Público	Privado
Longitud menor a 3,5 m, cuenta con dos ejes. Ej: taxis, vans	Longitud mayor a 3,5 m y menor a 7 m, pueden tener en el eje trasero mas de dos ruedas. Ej: vagonetas de cuatro puertas, camionetas de doble cabina, micros.	Longitud mayor a 7 m y cuenta con mas de dos ejes.	Son los vehículos cuya función está al servicio de una persona particular, es decir, no es usado para el transporte público.	Vehículos dedicados al transporte de pasajeros, son exclusivamente a este rubro. Como taxis, trufis, micros.

Fuente: Método del Manual Colombiano

### 2.3.1.5 Velocidad de tráfico

Se define como velocidad a la relación que existe entre una distancia que se recorre y el tiempo en que se tarda en recorrer. En este mismo concepto existen diferentes tipos de velocidad entre los cuales las más importantes son:

<sup>10</sup> (Orgaz Fernandez)

<sup>11</sup> (Garber, 2004)

**Velocidad de punto.** Se define como velocidad de punto aquella que se obtiene en una sección de carretera o calle cuyo intervalo de distancia esta previamente definido, siendo usuales la utilización de distancias de 50,75 y 100 mts.

La característica principal de este tipo de velocidad es que las distancias definidas se toman al vehículo que va a recorrerla en un flujo libre sin interferencia de demoras.

La determinación de velocidades de punto dentro del estudio de ingeniería de tráfico nos permite definir las velocidades medias de circulación en zonas urbanas y las velocidades de circulación en carreteras. Mayor uso en zonas urbanas cuyo estudio puede realizarse en áreas definidas en flujos direccionales o en todo el trazo urbano.

Para medir la velocidad de punto se pueden utilizar varios métodos en los que se tiene:

- a) Método del cronometro.
- b) Método del enoscopio.
- c) Método del radar métrico

**Velocidad de recorrido total.** La velocidad de recorrido total es aquella que se define como la distancia que se recorre en un tramo definido y el tiempo que se tarda en recorrer, tiempo que influye en la circulación y las demoras, normalmente la velocidad de recorrido total es un parámetro de la fluidez de tráfico, cuanto mayor la velocidad de recorrido total mayor la fluidez, cuanto menor la velocidad de recorrido total mayor el congestionamiento del tráfico.

A diferencia de la velocidad de punto la velocidad de recorrido total establece una distancia mucho mayor que en carreteras generalmente se toma la distancia entre accesos y las zonas urbanas la distancia de recorrido total generalmente es aquella que nos define los flujos direccionales.

Para realizar los aforos VR se introduce un vehículo al tráfico en el cual vaya un operador que deberá de hacer el registro de:

- a) Medición de lecturas en el odómetro lectura inicial y lectura final de cuya diferencia obtendremos la distancia de recorrido

b) Tiempo cronometrado del vehículo de circulación en movimiento y tiempo registrado de las demoras donde el vehículo estaba paralizado.

**Velocidad de crucero.** Se denomina velocidad de crucero a la que se registra como la relación de una distancia de recorrido total sobre el tiempo de circulación del vehículo sin tomar en cuenta el tiempo de demoras.

Esta velocidad de crucero es comparada con la velocidad de punto con el propósito de definir o establecer cuál es la incidencia por causa de las demoras que tiene la velocidad de un vehículo en movimiento, normalmente la velocidad de crucero es menor que la velocidad de punto, la diferencia que existe entre estas dos podrá indicarnos cuanto esta incidencia y en que magnitud el efecto de las demoras en la velocidad del vehículo.

**Velocidad directriz o de proyecto.** En las zonas urbanas es mucho más complejo la definición de velocidad directriz porque intervienen otros factores como ser: Flujo peatonal, zonas residenciales, zonas comerciales, zonas escolares, mayor tipo de maniobras, detenciones de vehículos más continuos, etc. Estos factores influyen a la velocidad de circulación por ese hecho la recomendación es que se adopte velocidades directrices o del proyecto en función de la velocidad de circulación media obtenida a través de las velocidades de punto.

#### **2.3.1.6 Capacidad vehicular**

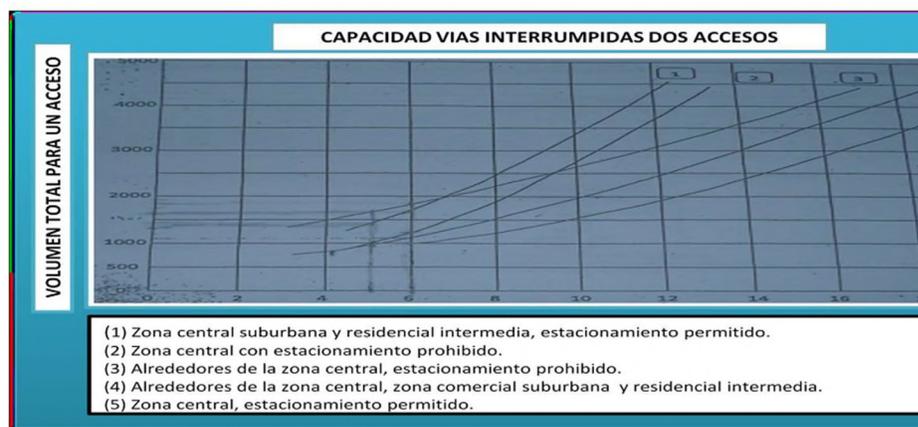
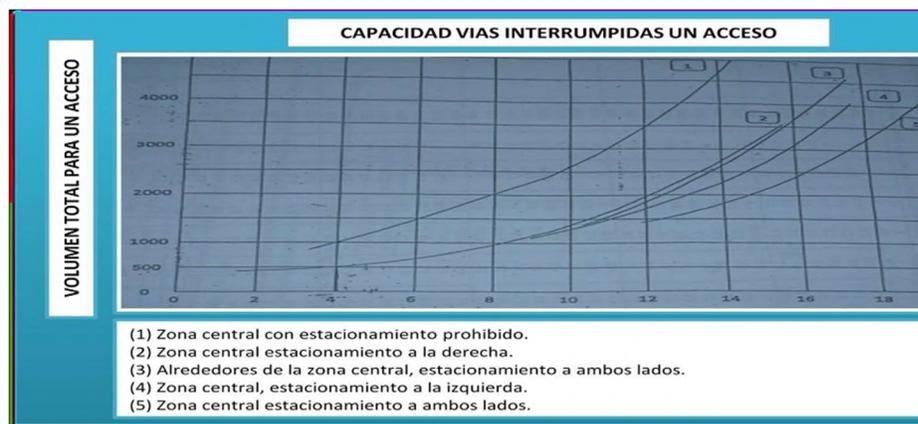
Se define a la capacidad vehicular como la cantidad de vehículos que circule por una carretera en un tiempo determinado con características de circulación a partir de los niveles de servicio entendiéndose por estos a condiciones cualitativas en la circulación vehicular de una calle o carretera.

#### **Capacidad en vías interrumpidas.**

A diferencia de lo que ocurre en las carreteras o vías interrumpidas en calles urbanas se considera a las vías de carácter interrumpido debido a que en la circulación existen una serie de factores que producen paralización y demoras en la circulación haciéndose el tráfico interrumpido.

La obtención de la capacidad en vías interrumpidas se encuentra en base a método HCM donde se debe obtener una capacidad básica y posteriormente una capacidad práctica, que resultará del producto de la capacidad básica obtenida de los ábacos por los factores de reducción que están determinados para diferentes casos.

**Figura 16**  
Parámetro de capacidad Vehicular



Fuente: Método HCM

$$\text{Capac. Real} = \text{Capac, teorica correg.} * 10\% - (\% \text{ exceso vehic. pesados}) \\ * (\% \text{exceso de giros})$$

**Segundo caso.** Calle con circulación en ambos sentidos con carril suplementario para movimientos de giros, pero sin indicación especial de semáforo. Para este caso la metodología que se sigue es la siguiente:

- a) Se utiliza como capacidad practica el valor del ábaco correspondiente
- b) Añadir 5% por carril suplementario a la derecha,10% por carril suplementario por giro a la izquierda.15% cuando ambos carriles suplementarios están agregados al ancho de acceso
- c) Por carril. De giro a la izquierda sumar el # de vehículos que giren a la izquierda, pero sin exceder la capacidad del carril suplementario. La capacidad del carril para girar a la izquierda debe ser estimada en términos del vehículo por hora de luz verde como la diferencia entre 1200 veh. y el volumen total de tránsito opuesto, con ello reajustar el porcentaje de vehículos que hacen giros a la izquierda y hacen giro a la derecha y utilizar los mismos porcentajes de reducción del primer caso
- d) Reducir por camiones y ómnibuses el 1% por cada 1% que pasen el 10% del # total de vehículos.

#### **2.3.1.7 Nivel de servicio**

El nivel de servicio de cualquier intersección en una vía tiene un efecto importante sobre su desempeño general operativo. Los factores que afectan el nivel de servicio en las intersecciones tienen en cuenta el flujo y la distribución del tránsito, las características geométricas y el sistema de señalización.

Una diferencia importante al considerar el nivel de servicio en los segmentos de una vía principal y, el nivel de servicio en las intersecciones es que en el primero caso solamente se usan los flujos de travesía, mientras que, en el segundo, se usan los flujos de las maniobras de giro importantes.

En los niveles de servicio existen varios tipos: A, B, C, D, E, y F, ellos representan el flujo que se encuentra en la intersección, ya sea libre, estable, o denso, en el cual se puede representar si hay libertad para conducir, con las velocidades deseadas, y tener una buena facilidad para poder maniobrar dentro de la corriente vehicular sobre la intersección, obteniendo una comodidad notable. Para el análisis a nivel de diseño se requieren más datos para una estimación directa del nivel de servicio que se quiere dar.

**Nivel de servicio A.** Es aquel que por sus condiciones de circulación son de flujo libre, bajos volúmenes y altas velocidades hay poco o nada de limitación de maniobras por la presencia de otro vehículo, existiendo pocos o nulos retardos.

**Nivel de servicio B.** Es aquel cuyas condiciones de circulación tiene un flujo estable en las que las velocidades empiezan a ser restringidas, pero con cierta libertad para definir su velocidad y su carril. Al existir un mayor volumen se hace algo más restringidas las maniobras de los vehículos.

**Nivel de servicio C.** Corresponde a las condiciones de circulación aun en un flujo estable, pero con velocidades en maniobras que resultan más controladas por los mayores volúmenes, ya no existe libertad para elegir la velocidad, cambiar carriles o realizar acciones de rebase. Sin embargo, se considera todavía en condiciones apropiadas de circulación y por ello se ha establecido que este nivel de servicio es el más adecuado y equilibrado para fines de diseño.

**Nivel de servicio D.** Las condiciones de circulación se acercan a un flujo inestable, con velocidades de circulación bajas, las fluctuaciones de volúmenes son mayores y por tanto las restricciones de maniobras muy frecuentes.

**Nivel de servicio E.** Las condiciones de tráfico prácticamente son inestables las velocidades de operación son bajas, los volúmenes ya están cerca de la capacidad de la carretera y calle y pueden existir demoras o paradas de duración pequeña

**Nivel de servicio F.** En este nivel las condiciones de circulación son de flujo forzado, velocidades bajas, detenciones frecuentes y mayores lapsos de tiempo considerándose a este nivel prácticamente de tráfico congestionado.

### **Nivel de servicio en vías interrumpidas**

Para obtener el nivel de servicio en vías interrumpidas se obtiene en función a su volumen sobre su capacidad obtenida.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> (Orgaz Fernandez)

**Tabla 13**  
Nivel de servicio en vías interrumpidas

Volumen /Capacidad	Nivel de servicio
0,1	A
0,2	B
0,3	C
0,4	D
0,5	E
0,6	F

Fuente: Método INVIAS

### **2.1.7 Señalización.**

La circulación vehicular y peatonal debe ser guiada y regulada a fin de que pueda llevarse a cabo en forma segura, fluida, ordenada y cómoda, siendo la señalización de tránsito un elemento fundamental para alcanzar tales objetivos. A través de la señalización se indica a conductores y peatones la forma correcta y segura de transitar por la vía, evitando riesgos y demoras innecesarias.

El propósito fundamental de este Volumen es lograr, mediante el fiel cumplimiento de las normas que contiene, una completa uniformidad de la señalización de tránsito en todo el territorio nacional. Para ello, además de entregar las especificaciones de cada elemento de señalización -ya sean señales verticales u horizontales, semáforos, balizas u otros- se consignan los criterios técnicos que permiten conocer cuáles, cuándo, dónde y cómo deben ser instalados.

#### **2.1.7.1 Señalización vertical**

Las señales verticales son placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

De acuerdo con la función que cumplen, las señales verticales se clasifican en:

## Señales preventivas

Las señales de advertencia de peligro (preventivas) tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.

**Figura 17**

Clasificación de señales preventivas





SP-26  
BIFURCACIÓN  
DERECHA EN "Y" INVERTIDA



SP-27  
BIFURCACIÓN ESCALONADA  
IZQUIERDA



SP-28  
BIFURCACIÓN ESCALONADA  
DERECHA



SP-29  
INCORPORACIÓN DE TRÁNSITO  
IZQUIERDA



SP-30  
INCORPORACIÓN DE TRÁNSITO  
DERECHA



SP-31  
CRUCE FERROVIARIO A NIVEL  
SIN BARRERAS



SP-32  
BARRERA



SP-33  
PASO FERROVIARIO A NIVEL  
(CRUZ DE SAN ANDRÉS)



SP-34  
SEMÁFORO



SP-35  
PREVENCIÓN DE PARE



SP-36  
PREVENCIÓN DE CEDA EL PASO



SP-37  
ROTONDA



SP-38  
REDUCCIÓN SIMÉTRICA  
DE LA CALZADA



SP-39  
REDUCCIÓN ASIMÉTRICA  
DE LA CALZADA DERECHA



SP-40  
REDUCCIÓN ASIMÉTRICA  
DE LA CALZADA IZQUIERDA



SP-41  
ENSANCHE SIMÉTRICO  
DE LA CALZADA



SP-42  
ENSANCHE ASIMÉTRICO  
DE LA CALZADA IZQUIERDA



SP-43  
ENSANCHE ASIMÉTRICO  
DE LA CALZADA DERECHA



SP-44  
PUENTE  
ANGOSTO



SP-45  
TÚNEL



SP-46  
TRABAJOS EN LA VÍA



SP-47  
MAQUINARIA EN LA VÍA



SP-48  
CIRCULACIÓN EN  
AMBOS SENTIDOS



SP-49  
ZONAS DE  
DERRUMBES



SP-50  
SUPERFICIE  
DESIZANTE



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito

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

En general, su forma es circular y sólo se aceptará inscribir la señal en un rectángulo cuando lleve una leyenda adicional. Su color de fondo es blanco, aunque excepcionalmente puede ser rojo o azul. Estas señales deberán instalarse al lado derecho de la vía, en el lugar preciso donde se requiera establecer la regulación.

**Figura 18**  
Clasificación de señales reglamentarias





Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito

**Señales informativas:** Las señales informativas tienen como propósito orientar y guiar a los usuarios del sistema vial, entregándoles información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible.

En general, las señales informativas tendrán forma rectangular o cuadrada. En señales informativas, las leyendas, símbolos y orlas son de color blanco. El color de fondo de las señales para autopistas y autovías, será azul y las para vías convencionales, verde.

La ubicación longitudinal de las señales informativas quedará determinada por su función, según se especifica para cada señal en esta sección.

**Figura 19**

Clasificación de señales informativas



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito

**Emplazamiento**

Toda señalización de tránsito deberá instalarse dentro del cono visual del usuario de la vía, de manera que atraiga su atención y facilite su interpretación, tomando en cuenta la velocidad del vehículo, en el caso de los conductores.

La ubicación de una señal debe garantizar que un usuario que se desplaza a la velocidad máxima que permite la vía, será capaz de interpretar y comprender el mensaje que se le está transmitiendo, con el tiempo suficiente para efectuar las acciones que se requieran para una eficiente y segura operación.

**Tabla 14**  
Distancia mínima (m) entre señales verticales

Orden en que el conductor verá las Señales	Velocidad (km/h)			
	120 - 110	100 - 90	80-60	50 - 30
Reglamentaria ó Advertencia> Reglamentaria ó Advertencia	50	50	30	20
Reglamentaria ó Advertencia> Informativa	90	80	60	40
Informativa> Reglamentaria ó Advertencia	60	50	40	30
Informativa> Informativa	110	90	70	50

Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito

La ubicación lateral de una señal vertical, dependerá a la distancia, medida desde el borde de la calzada, a la cual será instalada. Para esto, es importante tener presente que el conductor de un vehículo tiene una visibilidad en la forma de un cono de proyección, el que se abre en un ángulo de alrededor de 10° con respecto a su eje visual. Por lo tanto, se deberá asegurar que la señal quedará instalada en esa zona.

**Tabla 15**  
Ubicación transversal de señales verticales (Distancia y Altura)

Tipo de Vía	A (m)	H (m)	
	Mínimo	Mínimo	Máximo
Carreteras	2	1,5	2,2
Caminos	1,5	1,5	2,2
Vías Urbanas	0,6	2	2,2

Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito

Donde, “A” corresponde a la distancia medida desde el borde exterior de la calzada, hasta el canto interior de la señal vertical. Del mismo modo, “H” se define como la distancia entre la rasante, a nivel del borde exterior de la calzada y el canto o tangente al punto inferior de la señal.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> (Manual de dispositivos de control de tránsito, 2004, págs. 1-188)

### 2.1.7.2 Señalización horizontal

Las señales horizontales o demarcaciones, son marcas o elementos instalados sobre el pavimento, que mediante el uso de símbolos y leyendas determinadas cumplen la función de ordenar y regular el uso de la calzada.

De acuerdo con la función que cumplen, las demarcaciones se clasifican en:

#### Líneas Longitudinales

Las líneas longitudinales se emplean para delimitar pistas y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, para delimitar pistas de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos, por ejemplo, pistas exclusivas de bicicletas o buses.

##### a) Línea amarilla discontinua

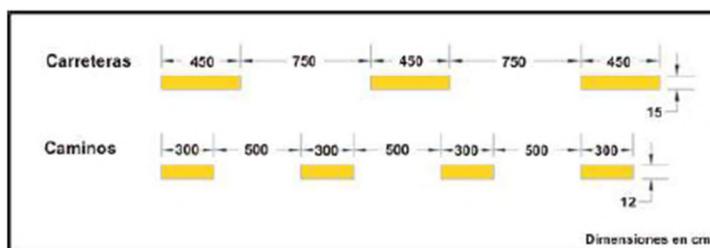
Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde

se permite la maniobra de adelantamiento.

Para velocidades menores a 60 km/hr. El ancho de la línea continua será de 12 cm. Para rutas con velocidades mayores, su ancho será de 15 cm.

**Figura 20**

Líneas amarillas discontinuas



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito

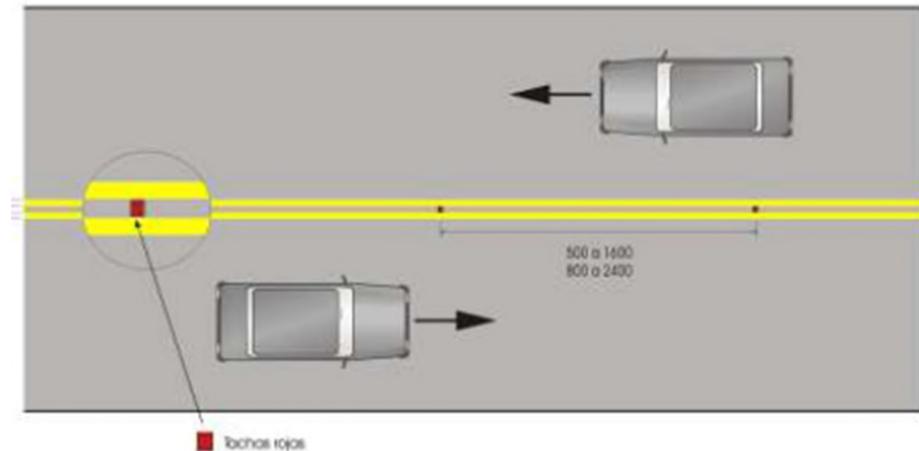
##### b) Línea doble amarilla continua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde no es permitida la maniobra de adelantamiento.

Las líneas de eje central continuas dobles consisten en dos líneas blancas paralelas, de un ancho mínimo de 15 cm cada una, separadas mínimo por 20 cm, de modo tal que entre la tacha y los bordes de cada línea queden siempre 3 cm.

**Figura 21**

Ejemplo de líneas continuas dobles



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito

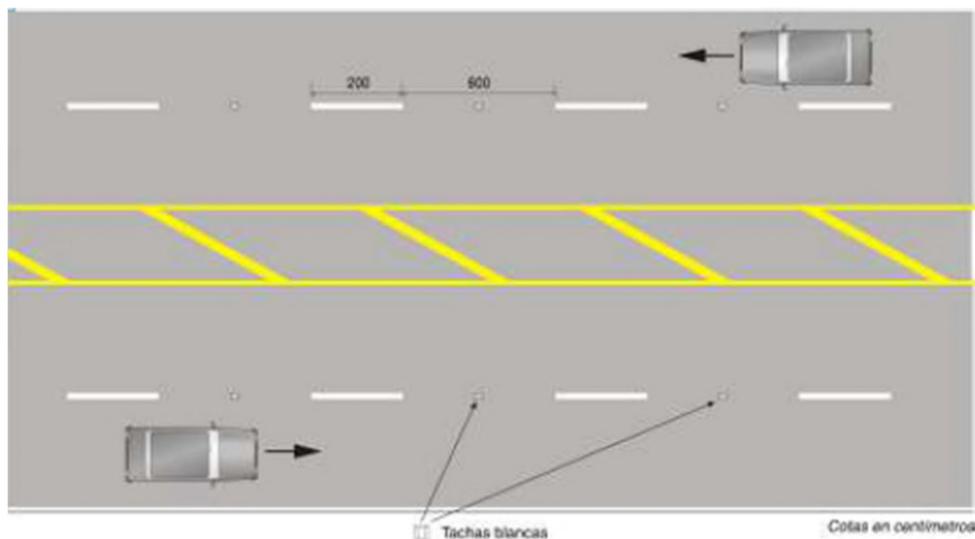
### **Líneas de carril**

La función principal de las líneas de pista es ordenar el tránsito y posibilitar un uso más seguro y eficiente de las vías, especialmente en zonas congestionadas. Estas líneas separan flujos de tránsito en la misma dirección, y pueden ser de dos tipos; continuas o segmentadas.

a) **Línea blanca discontinua normal**

Se utiliza para demarcar la separación de carriles de un mismo sentido de flujo en donde si es permitida la maniobra de adelantamiento.

**Figura 22**  
Ejemplo de pista segmentada



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito

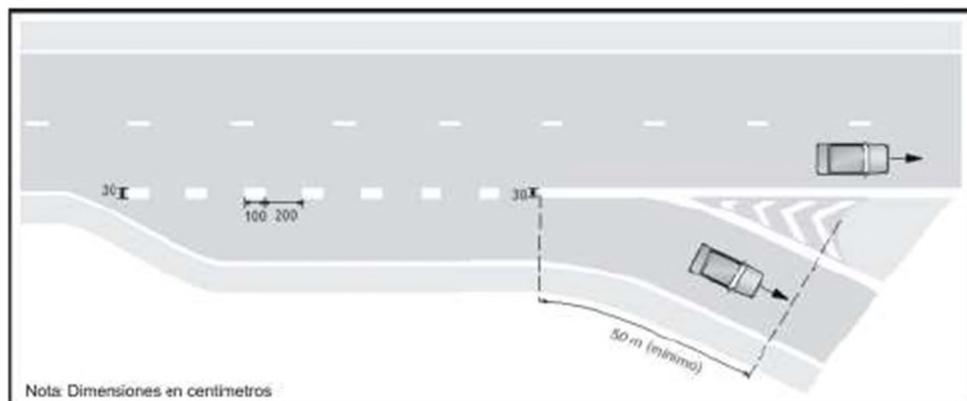
b) Líneas discontinuas especiales

Se utilizan para separar una pista normal de circulación de una pista auxiliar.

Las pistas

auxiliares, corresponden a Pistas de Cambio de Velocidades (aceleración y deceleración), Pistas de Viraje, Pistas de Salidas Directas, Pistas de Incorporación, Pistas Lentas, etc.

**Figura 23**  
Caso pista de egreso



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito

c) Líneas de transiciones para reducción de pistas

Cuando el ancho de la calzada se reduce disminuyendo el número de pistas disponibles, se debe demarcar una zona de transición con líneas de eje y de borde de calzada convergentes, que indiquen al conductor dicha reducción.

El largo mínimo de la zona de transición queda determinado por las siguientes relaciones:

$$D = A \cdot V^2 / 1.6 \text{ (Vías con velocidad máxima permitida mayor a 60 km/h)}$$

$$D = A \cdot V^2 / 150 \text{ (Vías con velocidad máxima permitida igual o menor a 60 km/h)}$$

Donde:

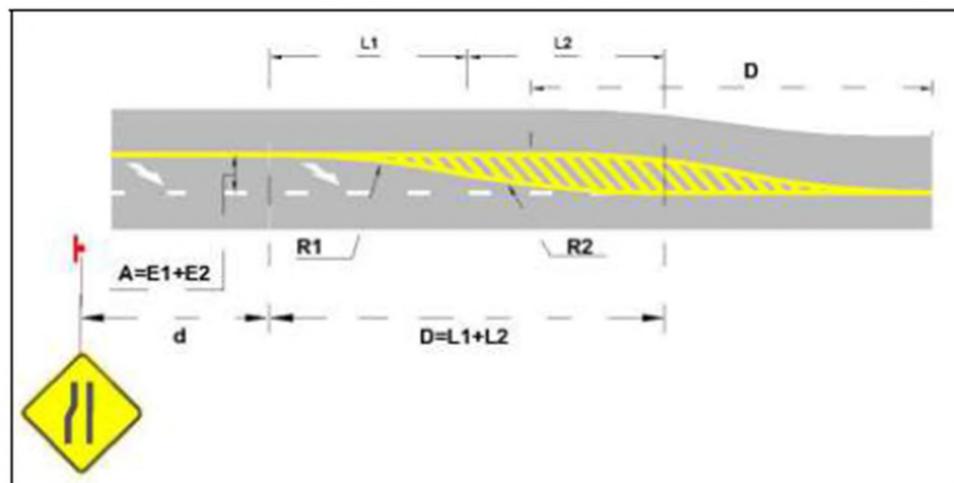
D = Longitud de transición en metros. D no debe ser nunca menor a 10 m.

A = Diferencia de ancho de la calzada, entre extremos de la zona de transición, en m.

V = Velocidad máxima permitida en el tramo previo a la transición (km/h).

**Figura 24**

Reducción de pista



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito

### Líneas Transversales

Las líneas transversales tienen la función de definir puntos de detención y/o sendas de cruce de peatones y ciclistas, pueden ser de dos tipos; Líneas de Detención y Líneas de Cruce.

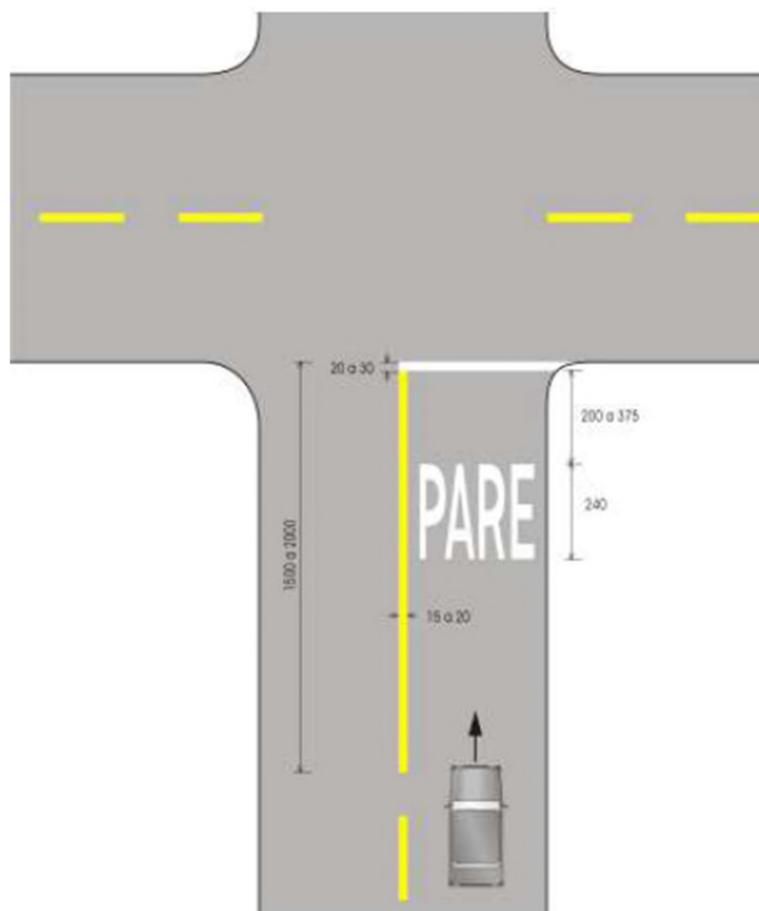
a) Líneas de detención

Corresponden a las líneas que indican el lugar, ante el cual, los vehículos que se aproximan a un cruce o paso para peatones, deben detenerse.

La línea de detención indica al conductor que enfrenta la señal Pare, el lugar más próximo a la intersección donde el vehículo debe detenerse. Debe ubicarse donde el conductor tenga buena visibilidad sobre la vía prioritaria para reanudar la marcha con seguridad.

**Figura 25**

Señalización horizontal en cruce regulado señal de PARE



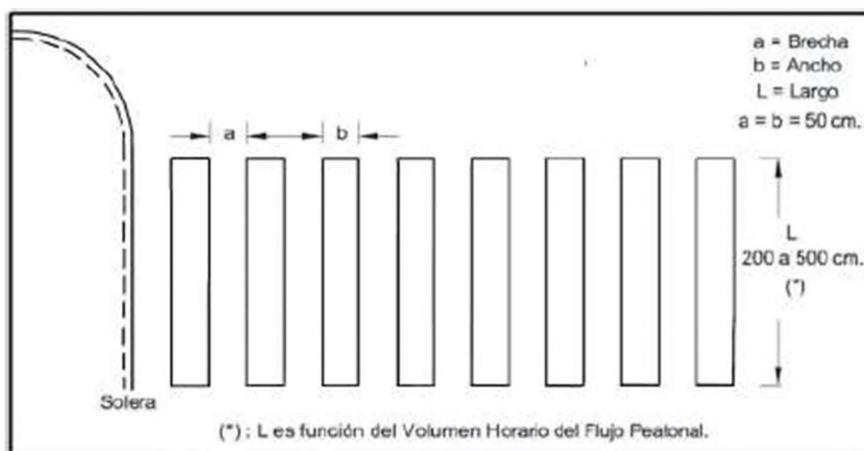
Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito

b) Líneas de cruce en paso peatonal tipo cebra

Esta demarcación, se utiliza para delimitar una zona de la calzada donde el peatón tiene derecho de paso en forma irrestricta. Dicha zona se compone de una línea transversal segmentada, en que cada segmento tiene un ancho de 50 cm, una brecha de 50 cm, y un largo constante que puede variar entre 2,0 - 5,0 m según volumen del flujo peatonal que solicitara el cruce. El borde de la banda más próxima a cada solera debe ubicarse aproximadamente a 50 cm. de ésta.

**Figura 26**

Largo paso peatonal



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito

### Símbolos y Leyendas

Los símbolos y leyendas se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre peligros. Se incluyen en este tipo de demarcación flechas, señales como CEDA EL PASO y PARE y leyendas como LENTO, entre otras.

### Otras demarcaciones

Corresponden a demarcaciones como achurados, demarcaciones de tránsito divergente y convergente, distanciadores, etc. En este caso no es posible agruparlas por sus características geométricas, dado a que ninguna de sus formas o líneas predomina sobre las otras.

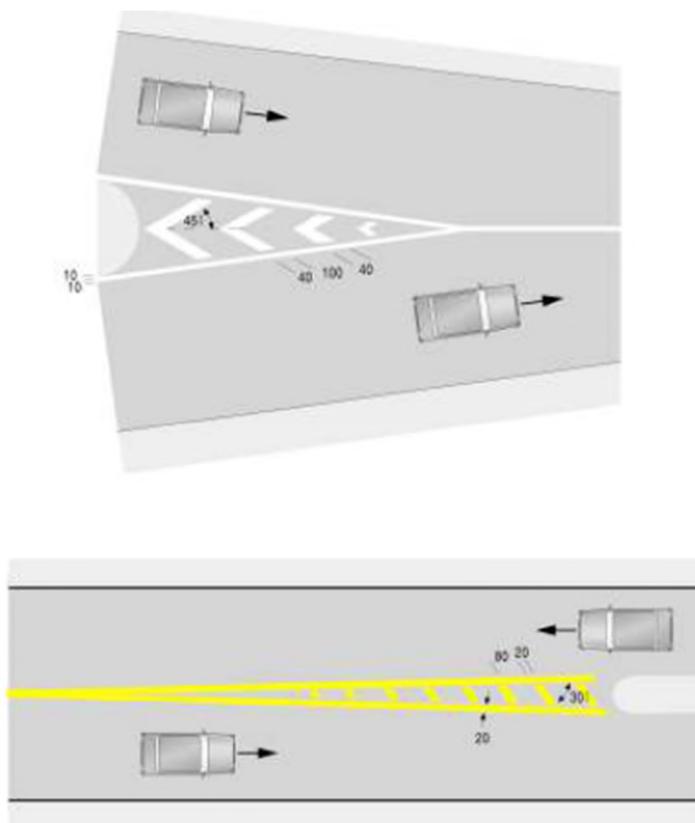
## a) Achurado

La función de los achurados es prevenir a los conductores la proximidad de islas y bandejes, así como canalizar el flujo vehicular.

Se distinguen dos tipos de achurados; en diagonal y en “V “. Los achurados en diagonales se emplean en canalizaciones y en islas centrales, cuando los flujos que los enfrentan tienen sentidos opuestos y en las superficies retranqueadas que se extienden por el costado del separador. En el caso de los achurados en “V “se emplean para anunciar la presencia de una isla o bandejón, cuando los flujos vehiculares convergen o divergen. Es conveniente destacar estas superficies con la instalación de tachas reflectantes de color amarillo.<sup>14</sup>

**Figura 27**

Demarcación de achurado bifurcación divergente y convergente



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito

<sup>14</sup> (Manual de dispositivos de control de tránsito, 2004, págs. 2-38)

### 2.1.8 SemafORIZACIÓN

La principal función de un semáforo en el control de una intersección es el dar el paso a distintos grupos de vehículos (y peatones), de manera de que éstos pasen a través de la intersección con un mínimo de problemas, riesgos y demoras.

Los semáforos vehiculares están constituidos por los siguientes elementos: Cabeza, Caras, Focos, Postes. Cumpliendo con una función los colores de los focos

**Foco rojo:** Indica que el tránsito frente a ese color debe parar antes de la línea de parada y permanecer detenido hasta que aparezca el color verde.

**Foco amarillo:** Advierte que inmediatamente después aparecerá el rojo el conductor sin aún puede debe detenerse, es un foco o lente de precaución que de alguna manera debe ser un tiempo de reacción del conductor.

**Foco verde:** El color verde tiene como objetivo permitir a los vehículos que se observan esta luz puedan seguir de frente o realizar giro a la izquierda o giro a la derecha.

#### 2.1.8.1.1 Asignación de tiempos

La asignación de tiempos en semáforos comprende la determinación del tiempo del ciclo entendiéndose a este como la sumatoria del tiempo de fase verde o más el tiempo de fase roja más el tiempo de fase amarilla de ida y vuelta, y los tiempos de las fases correspondientes.

La elección del tiempo que dure el ciclo es un apriori, ya que es difícil de determinar en un prediseño un tiempo de ciclo óptimo, sin embargo, se ha establecido que el rango de duración de un ciclo varía entre 35 - 120 seg.<sup>15</sup>

### 2.1.9 Simulación de tráfico

La simulación de tráfico es muy importante para predecir el tráfico que habrá en un área, tanto en situaciones ordinarias (días laborables, por ejemplo), como en situaciones particulares, que pueden ser puntuales (un evento de cualquier tipo) o prolongadas (acciones urbanísticas que impliquen restricciones viarias, por ejemplo). Una simulación

---

<sup>15</sup> (Orgaz Fernandez, pág. 49)

permite planificar situaciones futuras y consigue mejorar la circulación de las mismas adelantándose a los hechos.

#### **2.3.1.8 Software VISSIM**

VISSIM (En alemán: Verkehr in Städten SIMulation - Simulación de tránsito en ciudades) es un software de simulación microscópica o microsimulación que, permite reproducir en tres dimensiones las características operativas del flujo de tráfico urbano y de carreteras en sus diferentes modos (vehículos, buses, camiones, motos, peatones, ciclistas, etc.) y la interacción entre ellos.

Esta aplicación, puede analizar la operación del transporte vial público y privado bajo diferentes condiciones tales como: las particularidades del carril, composición vehicular, señales de tránsito, pases, etc., por lo que se constituye en una herramienta de gran utilidad para la evaluación de distintas alternativas basadas en la ingeniería de tránsito y medidas efectivas de planeación. Su estructura de red flexible proporciona a los usuarios confianza, para que perciban que se puede modelar cualquier tipo de configuración geométrica o comportamiento especial de la operación de los vehículos y de los peatones encontrados en el sistema de transporte.

Últimamente, este software está siendo implementado para analizar redes de todos los tamaños, variando desde intersecciones individuales, hasta áreas metropolitanas completas. Con estas redes de transporte, el programa puede modelar todas las clasificaciones funcionales de las vías, desde carreteras hasta accesos residenciales. VISSIM se basa en modelos matemáticos que articula diversos parámetros de tránsito como densidad, velocidad, volúmenes horarios, etc.<sup>16</sup>

#### **2.3.1.9 Volúmenes de tráfico**

En VISSIM, coexisten un número ilimitado de modelos de vehículos, permitiendo y facilitando al usuario modelar en gran escala situaciones operativas multimodales. Los diversos tipos de vehículos incluyen: carros, camiones, buses, motos, peatones, ciclistas, etc., de igual modo, ofrece la capacidad de situar estos vehículos en la red vial usando

---

<sup>16</sup> (Arias Granados, s.f.)

apenas una, o la combinación de tres métodos. El método básico, presume que el tráfico es estocásticamente distribuido por medio de rutas fijas de usuarios definibles del punto de origen y destino. Para las codificaciones de conteo de movimientos de conversión de intersecciones, esos puntos de origen y destino cubren una única intersección, pero esos también pueden continuar a través de múltiples intersecciones o hasta toda el área de estudio.

#### **2.3.1.10 Control de tráfico**

Con este programa, se pueden modelar intersecciones que controlan el tráfico usando las siguientes placas: Dé la preferencia, PARE y combinaciones de estas. Lo que diferencia notablemente a VISSIM de los demás paquetes de simulación microscópica, es su flexibilidad para modelar todas las formas de control semafórico.

## 2.4 Consideraciones estructurales

Para la construcción de intersecciones a desnivel se cuenta con dos alternativas; estas pueden ser elevadas y subterráneas, las cuales poseen un diseño estructural diferente, es así que en este punto se verá estas consideraciones para cada alternativa.

### 2.4.1 Intersecciones a desnivel elevadas

Un puente es una obra que se construye para salvar un obstáculo dando así continuidad a una vía. Suele sustentar un camino, una carretera o una vía férrea, pero también puede transportar tuberías y líneas de distribución de energía.

Los puentes que cruzan autopistas y vías de tren se llaman intersecciones a desnivel elevados, como se observa en la figura 28.

**Figura 28**

Intersección a desnivel elevado



Fuente: Elaboración propia

Constan fundamentalmente de dos partes:

**a) La superestructura conformada por:** Tablero que soporta directamente las cargas; vigas, armaduras, cables, bóvedas, arcos, quienes transmiten las cargas del tablero a los apoyos.

b) **La infraestructura o Subestructura conformada por:** pilares (apoyos centrales); estribos (apoyos extremos) que soportan directamente la superestructura; y cimientos, encargados de transmitir al terreno los esfuerzos.<sup>17</sup>

#### 2.4.2 Intersecciones a desnivel subterráneas

En este caso se debe tomar en cuenta el diseño estructural para túneles los cuales se debe tomar en cuenta sus sistemas de soporte a utilizar se seleccionan buscando permitir la deformación controlada de la excavación para reducir los esfuerzos generados por el terreno, con una utilización eficiente del terreno circundante y los elementos de soporte:

**Figura 29**

Intersección a desnivel subterráneo



Fuente: Diario virtual “La República”

- a) **Concreto lanzado:** el concreto lanzado es concebido como un elemento de soporte, y se coloca de manera tal que pueda adherirse con facilidad a la superficie del contorno de la excavación del túnel. La resistencia temprana, característica de este elemento, se alcanza por medio de acelerantes junto con otros aditivos y constituye uno de los elementos a tener en cuenta durante el diseño.

---

<sup>17</sup> (Fuentes Lopez, 2013)

- b) **Arcos de anclaje:** Teniendo en cuenta que los arcos son elementos de soporte que se ajustan contra las superficies del túnel excavado, las especificaciones de construcción deben exigir que dicho elemento haga contacto con el terreno, para contribuir con la estabilización de la excavación hasta que la resistencia del concreto lanzado se desarrolle completamente. Cabe resaltar que este tipo de elementos proporciona resistencia inmediata en contraste con el concreto lanzado y los pernos, los cuales desarrollan su resistencia con el tiempo.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> (Instituto nacional de vías, 2021, págs. 6-625)

## CAPÍTULO III

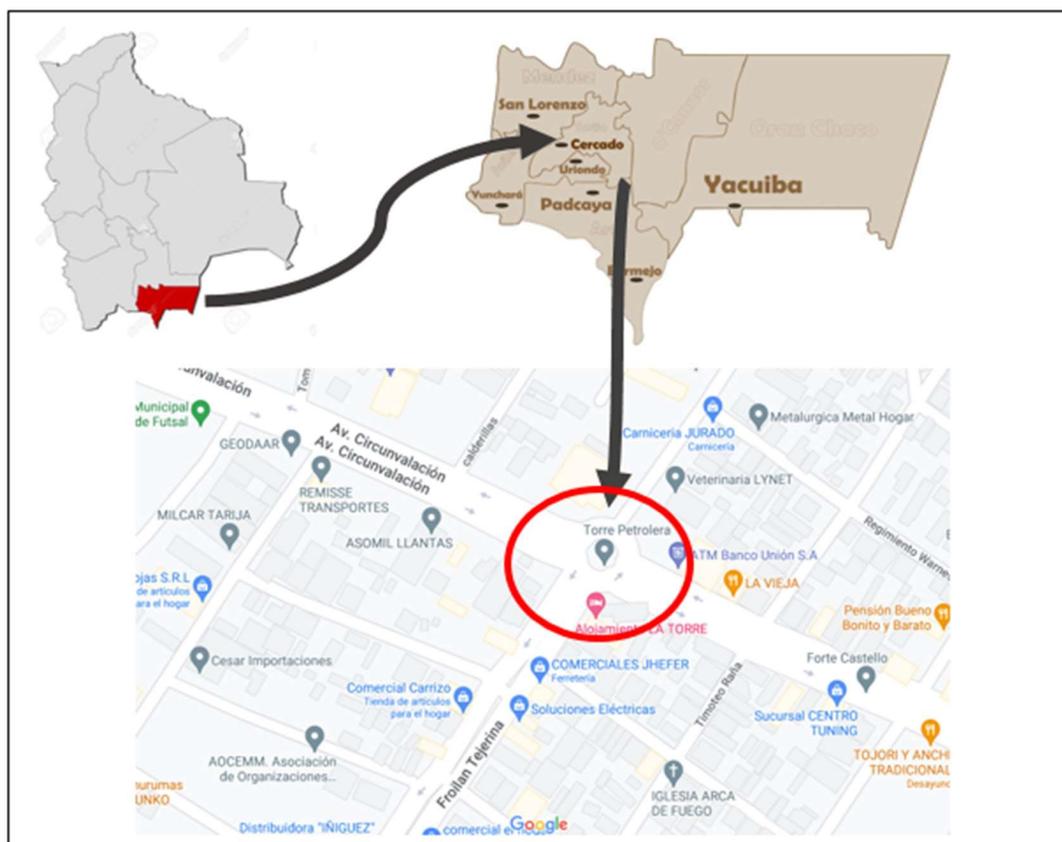
### DISEÑO Y DESARROLLO METODOLÓGICO

#### 3.1 Ubicación

El presente proyecto a desarrollar se encuentra ubicado en la ciudad de Tarija-Bolivia, Provincia Cercado en el distrito 7, en la intersección Av. Circunvalación- Froilán Tejerina (Rotonda la torre).

**Figura 30**

Ubicación geográfica de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16**  
Ubicación de la zona

Descripción	Coordenada norte (m S)	Coordenada Este (m E)	Zona
Punto 1	7619946	320073	20 K

Fuente: Elaboración propia

### 3.2 Características del área de estudio

#### 3.2.1 Características climatológicas

Al encontrarse en la zona urbana de la ciudad de Tarija, nuestra área de estudio adopta las características climatológicas de la ciudad es aquí que sus valores de temperatura, nubes y precipitaciones oscilan entre:

**Temperatura.** Las temperaturas varían en función a la estación del año, siendo que, de octubre a marzo, siendo febrero la máxima alcanzando temperaturas hasta de los 36°C. sin embargo, durante los meses de mayo a septiembre las temperaturas son menores, siendo la mínima durante el mes de julio, llegando hasta los 5 °C.

**Precipitación.** El año hidrológico inicia a partir del mes de octubre, hasta el mes de septiembre, siendo las temporadas altas en el mes de enero y de mayor sequía en el mes de agosto.

#### 3.2.2 Características socio económicas

La zona de estudio al ser perteneciente al distrito 7, según la información obtenida s puede llegar a observar que es unos de los distritos con mayor crecimiento poblacional en la ciudad de Tarija, es así que se puede denotar las siguientes características.

**Sociales.** La intersección de la rotonda la torre es una de las más conflictivas debido a que une los distintos barrios del distrito 7 el cual hasta el censo 2012 se obtuvo que cuenta con un total de 19965 habitantes.

Además de que es la conexión de dos mercados importantes de nuestra ciudad, el “Mercado campesino y Mercado Abasto del Norte”. Además de que cuenta con una estación policial “Epi los Chapacos” la estación de bomberos Voluntarios, y la oficina

SLIM a unos cuantos metros de esta intersección, convirtiéndose en una zona de crecimiento social.

**Económicos.** Debido al alto crecimiento poblacional esta intersección se convirtió en una zona de alto comercio, en distintas ramas, como materiales de construcción, electrodomésticos, canasta alimentaria, etc. Siendo un punto estratégico para el comercio en la ciudad de Tarija.

### 3.3 Características técnicas del área de estudio.

El estudio de la intersección a desnivel abarcó un análisis en la zona, donde se hizo una revisión técnica sobre las 2 intersecciones, en la Av. Circunvalación desde 500m metros antes de la rotonda y 500m después, y sobre la Av. Froilán Tejerina a 150m antes y 150m después. Siendo así que se logró recabar la información actual en cuanto a geometría, tráfico, señalización y semaforización.

#### 3.3.1 Geometría.

En cuanto a la geometría actual de zona de estudio se obtiene la siguiente información: La Av. Circunvalación cuenta con una velocidad de diseño de 30 km/h al igual que la Av. Froilán Tejerina, siendo un parámetro que debido al conflicto de tráfico vehicular actual no alcanza. Las plataformas de las dos intersecciones cumplen las siguientes características.

**Tabla 17**

Características de la vía en la Av. Circunvalación

Características de la vía por acceso	
Ancho de calzada	7,2 m
Ancho de carril	3,6 m
Ancho de berma	0,4 m
Ancho de jardineras	4,9 m

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 18**

Características de la vía en la Av. Froilán Tejerina

Características de la vía por acceso	
Ancho de calzada	8 m
Ancho de carril	4 m
Ancho de berma	1,05 m
Ancho de jardineras	2 m

Fuente: Elaboración Propia

En el tramo de la Av. Circunvalación cuenta con una topografía plana y un tramo ondulado, teniendo pendiente que oscilan entre 1% al 5% en cada sección desde antes de la intersección hasta pasar la intersección.

**Tabla 19**

Topografía del tramo Av. Circunvalación

Punto	Progresiva	Elevación	
Inicial	0+000	1931,89	m.s.n.m
Máximo	0+360	1936,76	m.s.n.m
Rotonda	0+448	1935,15	m.s.n.m
Mínimo	0+775	1926,08	m.s.n.m
Final	0+900	1926,73	m.s.n.m

Fuente: Elaboración Propia

En el caso de la Av. Froilán Tejerina, cuenta con un terreno accidentado siendo el punto más alto la intersección, donde sus accesos vienen con pendientes negativas que sobrepasan el 6% en ambos sentidos.

**Tabla 20**

Topografía del tramo Av. Froilán Tejerina

Punto	Progresiva	Elevación	
Inicial	0+000	1927,33	m.s.n.m
Máximo	0+165	1935,15	m.s.n.m
Rotonda	0+165	1935,15	m.s.n.m
Mínimo	0+000	1927,33	m.s.n.m
Final	0+320	1931,03	m.s.n.m

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.2 Tráfico

El aforo vehicular se efectuó mediante la Normativa ABC, el cual se debe realizar durante una semana de lunes a domingo durante las 24 horas, para cada acceso que se encuentra en la rotonda, proceso mediante el cual se podrá obtener volúmenes y velocidades de tráfico vehicular.

#### 3.3.2.1 Aforo vehicular

El método utilizado es el manual, con 1 aforador por acceso, es así que se logra identificar que las horas de mayor circulación se encuentran entre las 5:00 a 21:00 horas

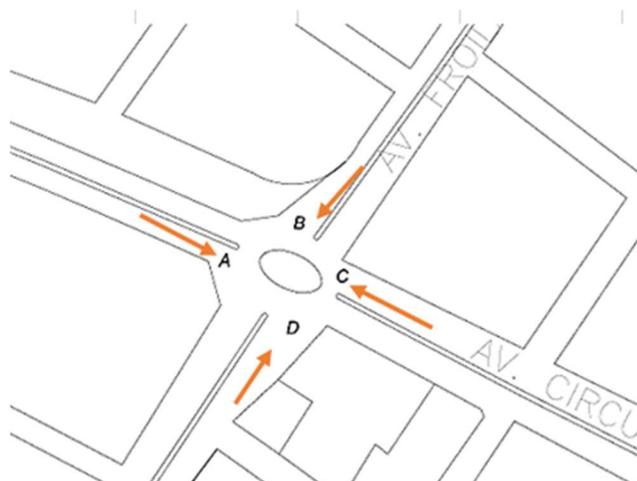
. Esta recopilación de datos se llevó a cabo desde 09/08/2021 hasta el 15/08/2021 en los cuatro accesos, al encontrar en un momento donde recién se estaba recuperando la circulación vehicular debido a la pandemia mundial (COVID-19) estos datos fueron verificados y actualizados en la fecha de 09/01/2023, existiendo una variación considerable por lo cual este proyecto se realizará en base a los datos actualizados.

Para la aforación se toma en cuenta su composición vehicular (liviano, mediano, pesado) y su función de cada vehículo (público o privado) que transitaba por cada acceso, además de sus direcciones que seguían (frente, giro a la derecha, giro a la izquierda). La información detallada se encuentra plasmada en **anexos**.

Con los datos recopilados, se procede a mostrar los datos obtenidos del conteo que se realizó durante una semana resumido en una tabla por cada acceso demostrado en la siguiente figura.

**Figura 31**

Aforo vehicular en cada acceso de la intersección



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 21**

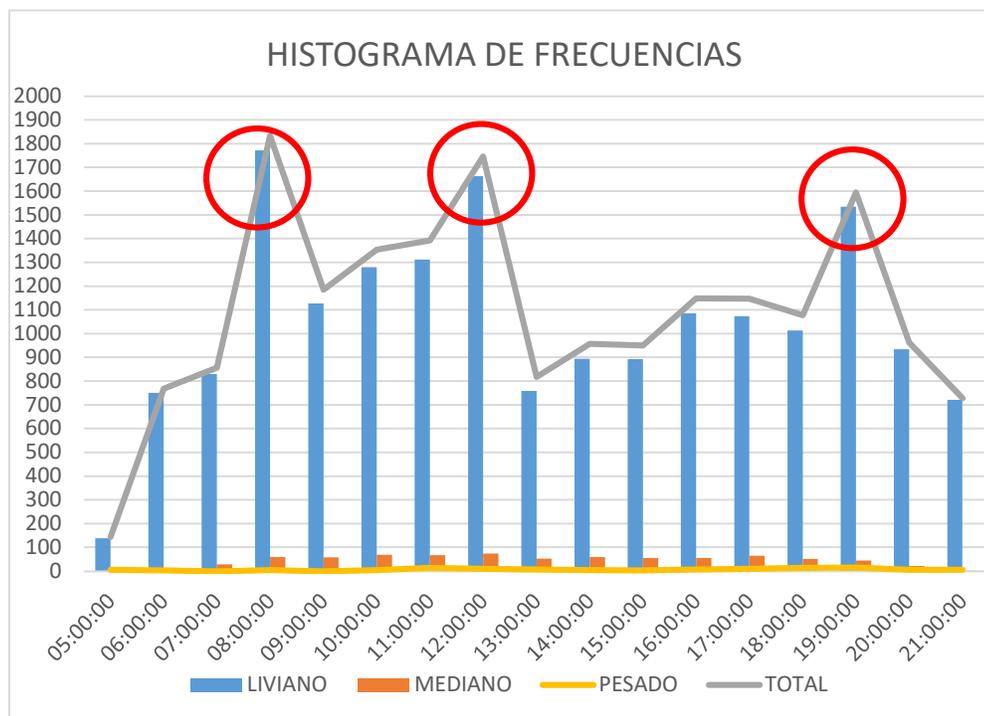
## Conteo Vehicular Froilán Tejería-Circunvalación D

Promedio Froilán-Circunvalación (D) ↑					Total (veh/h)	Giro der.	Giro izq.
Horas		Transporte					
		Liviano	Mediano	Pesado			
05:00:00	06:00:00	138	0	6	144	36	37
06:00:00	07:00:00	751	14	3	768	231	162
07:00:00	08:00:00	829	28	0	857	187	231
08:00:00	09:00:00	1771	59	4	1834	577	436
09:00:00	10:00:00	1127	58	0	1185	304	241
10:00:00	11:00:00	1280	69	4	1353	352	301
11:00:00	12:00:00	1312	67	14	1393	392	218
12:00:00	13:00:00	1663	74	9	1746	459	387
13:00:00	14:00:00	758	53	7	818	188	149
14:00:00	15:00:00	894	59	4	957	252	242
13:00:00	16:00:00	892	55	3	950	192	171
16:00:00	17:00:00	1086	55	7	1148	246	177
17:00:00	18:00:00	1074	64	9	1147	294	242
18:00:00	19:00:00	1013	51	13	1077	263	163
19:00:00	20:00:00	1534	45	16	1595	476	344
20:00:00	21:00:00	934	22	6	962	211	177
21:00:00	22:00:00	721	2	5	728	145	139

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1

Histograma de aforo vehicular Froilán Tejería-Circunvalación D



Fuente: Elaboración propia

Para el aforo del acceso (D), que se encuentra sobre la Froilán Tejería-Circunvalación, con dirección del sur al Norte, se logra apreciar que, en el histograma de volúmenes de vehículos, el pico más alto durante el día se produce en horas de la mañana, siendo de 08:00am, con un conteo de 1834 veh/hr. Y el más bajo encontrándose a las 05:00 am con 144veh/hr.

**Tabla 22**

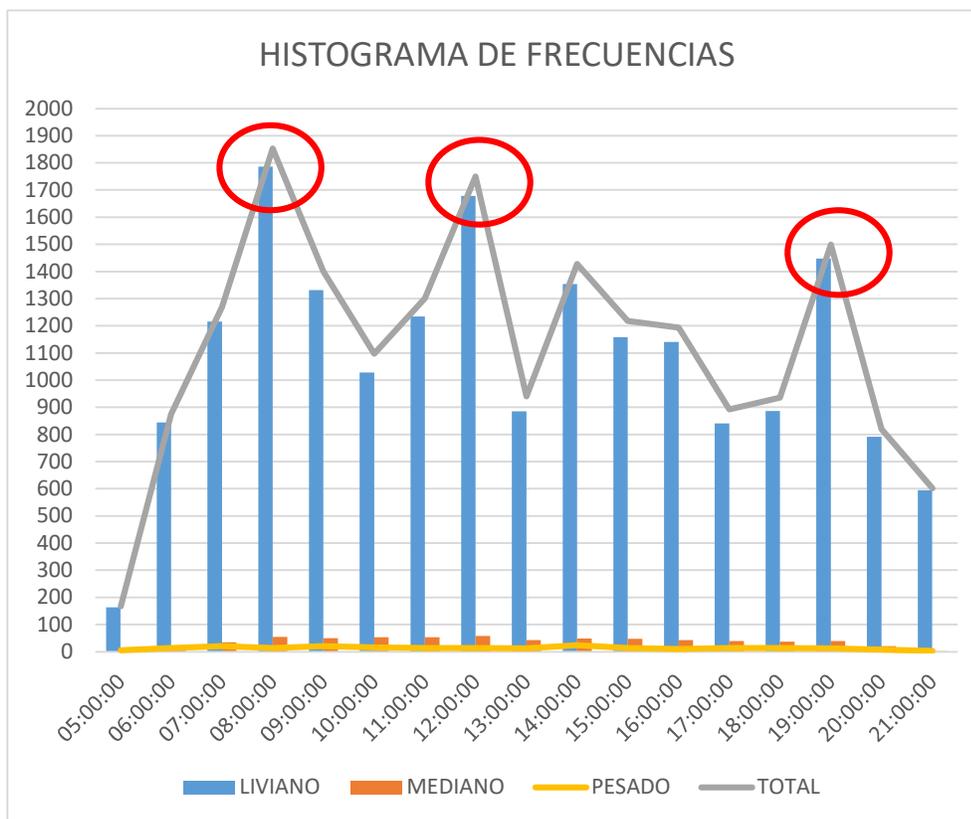
## Conteo Vehicular Froilán Tejería-Circunvalación B

Promedio Froilán-Circunvalación (B)		Transporte			Total	Giro der.	Giro izq.
Horas		Liviano	Mediano	Pesado	(veh/h)		
05:00:00	06:00:00	163	0	5	168	19	30
06:00:00	07:00:00	844	18	13	875	168	181
07:00:00	08:00:00	1215	34	20	1269	260	218
08:00:00	09:00:00	1786	54	13	1853	470	483
09:00:00	10:00:00	1331	50	20	1401	348	247
10:00:00	11:00:00	1028	53	16	1097	225	207
11:00:00	12:00:00	1234	53	14	1301	299	246
12:00:00	13:00:00	1678	58	14	1750	414	354
13:00:00	14:00:00	885	43	12	940	232	202
14:00:00	15:00:00	1354	49	24	1427	292	267
13:00:00	16:00:00	1158	47	13	1218	263	248
16:00:00	17:00:00	1140	43	10	1193	249	254
17:00:00	18:00:00	840	39	13	892	202	190
18:00:00	19:00:00	886	37	13	936	176	179
19:00:00	20:00:00	1448	39	12	1499	363	315
20:00:00	21:00:00	791	21	7	819	136	145
21:00:00	22:00:00	595	2	4	601	131	130

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2

Histograma de aforo vehicular Froilán Tejería-Circunvalación B



Fuente: Elaboración propia

Para el aforo del acceso (B), que se encuentra sobre la Froilán Tejería-Circunvalación, con dirección del Norte a sur, se logra apreciar que, en el histograma de volúmenes de vehículos, el pico más alto durante el día se produce en horas de la mañana, siendo de 08:00, con un conteo de 1853 veh/hr. Y el más bajo encontrándose a las 5:00 con 168 veh/hr.

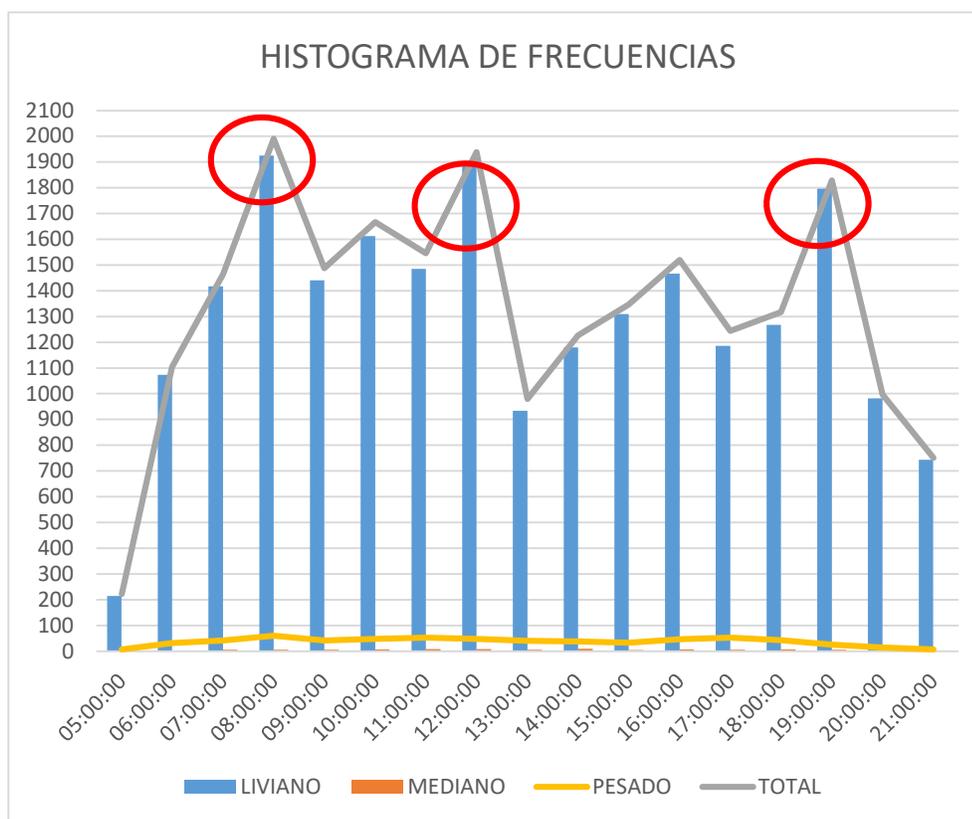
**Tabla 23**  
**Conteo Vehicular Circunvalación-Froilán Tejerina- A**

Promedio Circunvalación - Froilán (A) →						Total (veh/h)	Giro der.	Giro izq.
Horas		Transporte						
		Liviano	Mediano	Pesado				
05:00:00	06:00:00	215	0	8	223	46	38	
06:00:00	07:00:00	1073	0	31	1104	242	233	
07:00:00	08:00:00	1417	6	41	1464	392	242	
08:00:00	09:00:00	1925	6	60	1991	480	436	
09:00:00	10:00:00	1440	6	42	1488	360	209	
10:00:00	11:00:00	1612	7	48	1667	388	186	
11:00:00	12:00:00	1485	8	52	1545	365	306	
12:00:00	13:00:00	1883	8	48	1939	449	344	
13:00:00	14:00:00	934	6	40	980	174	165	
14:00:00	15:00:00	1180	9	38	1227	232	156	
13:00:00	16:00:00	1309	5	33	1347	312	264	
16:00:00	17:00:00	1466	7	46	1519	356	222	
17:00:00	18:00:00	1186	6	52	1244	274	186	
18:00:00	19:00:00	1267	7	43	1317	289	213	
19:00:00	20:00:00	1797	6	25	1828	434	424	
20:00:00	21:00:00	982	1	14	997	241	257	
21:00:00	22:00:00	743	0	8	751	200	162	

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3

Histograma de aforo vehicular Circunvalación-Froilán Tejerina A



Fuente: Elaboración propia

En el aforo del acceso (A), que se encuentra sobre la Circunvalación-Froilán Tejerina, con dirección del oeste a este, se logra apreciar que, en el histograma de volúmenes de vehículos, el pico más alto durante el día se produce en horas de la mañana, siendo de 08:00, con un conteo de 1991 veh/hr. Y el más bajo encontrándose a las 5:00 con 223 veh/hr.

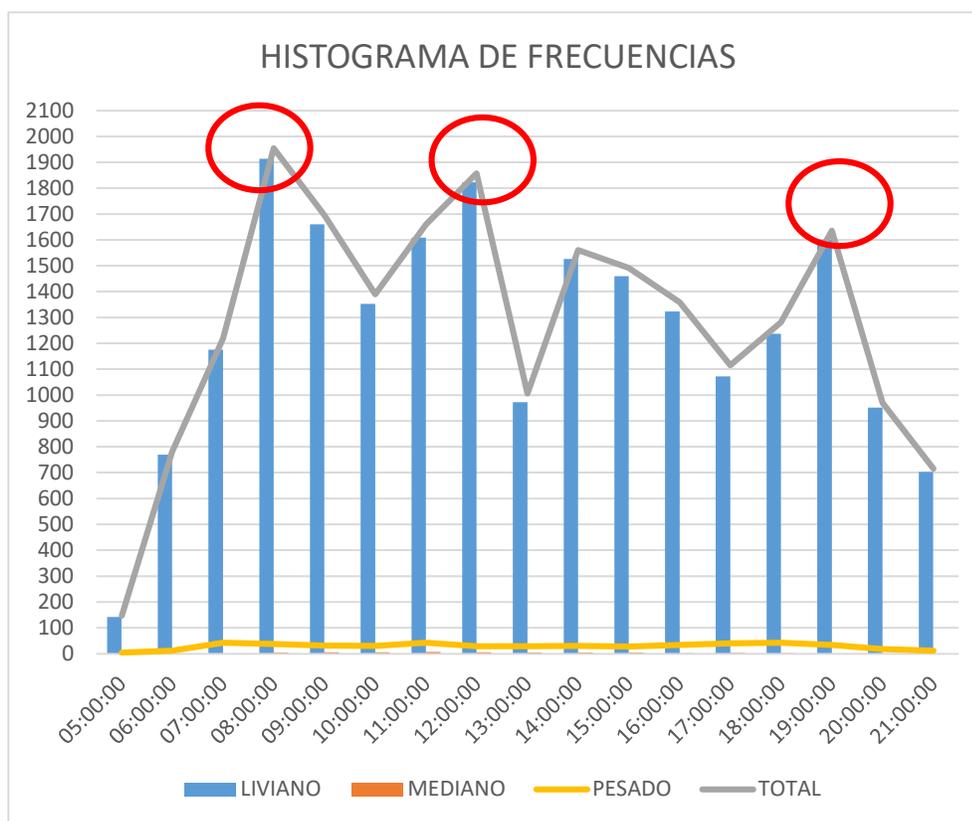
**Tabla 24**  
**Conteo Vehicular Circunvalación-Froilán Tejería- C**

Promedio Circunvalación - Froilán (C) ←						Giro der.	Giro izq.
Horas		Transporte			Total		
		Liviano	Mediano	Pesado	(veh/h)		
05:00:00	06:00:00	142	0	5	147	24	35
06:00:00	07:00:00	769	0	12	781	157	203
07:00:00	08:00:00	1176	0	43	1219	234	262
08:00:00	09:00:00	1914	4	37	1955	375	481
09:00:00	10:00:00	1660	5	31	1696	319	369
10:00:00	11:00:00	1353	6	30	1389	217	379
11:00:00	12:00:00	1609	7	43	1659	338	419
12:00:00	13:00:00	1822	6	29	1857	369	390
13:00:00	14:00:00	973	4	29	1006	189	266
14:00:00	15:00:00	1526	4	30	1560	268	338
13:00:00	16:00:00	1460	4	28	1492	259	344
16:00:00	17:00:00	1323	2	34	1359	289	329
17:00:00	18:00:00	1072	3	40	1115	196	301
18:00:00	19:00:00	1237	2	42	1281	230	311
19:00:00	20:00:00	1601	0	34	1635	356	369
20:00:00	21:00:00	952	0	18	970	226	207
21:00:00	22:00:00	703	0	12	715	188	155

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4

Conteo Vehicular Circunvalación-Froilán Tejerina- C



Fuente: Elaboración propia

En el aforo del acceso (C), que se encuentra sobre la Circunvalación-Froilán Tejerina, con dirección del este a oeste, se logra apreciar que, en el histograma de volúmenes de vehículos, el pico más alto durante el día se produce en horas de la mañana, siendo de 08:00, con un conteo de 1955 veh/hrs. Y el más bajo encontrándose a las 05:00 con 147 veh/hrs.

Como se puede observar en cada gráfica los 4 accesos cumplen con las mismas hora pico, las cuales serán consideradas para el aforo de velocidades, cálculo de capacidad, niveles de servicio y semaforización.

### 3.3.2.2 Velocidad

Una vez identificada la hora pico se procedió a realizar el aforo de velocidades en cada acceso, desde el viernes 06/03/2023 hasta el jueves 12/03/2023.

Este aforo se realizó de manera manual, donde se mide una distancia de 25 m de circulación libre, previo a cada acceso de la intersección y con un cronómetro se procedió a medir los tiempos para así obtener las velocidades, con los tiempos medidos y su distancia conocida es así que se realiza la elección de cinco vehículos al azar durante cada hora, para obtener la planilla de datos durante una semana.

Para calcular las velocidades de punto en (km/h), de los aforos de tiempos se usó la siguiente ecuación:

$$V = \frac{D}{T}$$

Donde:

V = Velocidad de punto (km/h).

D = Distancia de recorrido (km).

T = Tiempo de recorrido (h).

De la misma manera se promedió estas velocidades, el procedimiento metodológico se encuentra plasmado en **anexos**, y así que se obtuvo el siguiente resultado para cada acceso.

**Tabla 25**  
Planilla de aforo de velocidades acceso D

Distancia		25		Metros			
Froilán - Circunvalación (D) ↑							
Fecha	6/3/2021	7/3/2021	8/3/2021	9/3/2021	10/3/2021	11/3/2021	12/3/2021
HORA	Velocidad (Km/h)						
08:00	23,26	17,38	16,05	21,23	20,79	24,73	17,31
	15,91	16,28	18,64	15,23	20,09	27,61	16,67
	19,61	21,85	16,64	19,7	20	17,51	23,38
	17,69	19,92	19,61	19,07	17,83	18,11	21,28
	16,31	19,07	22,96	17,35	18,08	19,07	17,41
HORA	VELOCIDAD (Km/h)						
12:00	20,84	22,23	20,84	18,37	15,82	18,79	15,85
	15,88	18,79	16,08	17,08	21,28	17,08	19,57
	16,83	15,66	19,32	14,86	15,99	18,99	18,79
	18,79	22,45	15,52	16,86	16,49	17,25	15,36
	18,91	18,72	18,87	19,07	18,15	18,49	15,06
HORA	VELOCIDAD (Km/h)						
19:00	15,91	18,26	17,51	18,72	15,34	13,77	16,31
	15,88	17,25	17,08	21,03	19,32	16,73	17,21
	18,3	18,33	14,62	16,89	20,55	17,79	14,69
	16,58	19,07	16,28	14,88	17,08	16,13	16,4
	13,94	16,08	15,36	14,34	16,64	13,75	13,44

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 26**  
Velocidad promedio acceso D

Froilán - Circunvalación (D) ↑					Prom. Diario	
Hora	Velocidad prom.	Promedio	Desv. Estadar	Rango		Velocidad (Km/h)
08:00	20,11	19,25	0,69	≥18,561561 6714534	≤19,931581 1856895	19,04
	18,63					
	19,81					
	19,07					
	18,61					
Hora	Velocidad prom.	Promedio	Desv. Estadar	Rango		Velocidad (Km/h)
12:00	18,96	17,97	0,67	≥17,297312 2063821	≤18,641544 936475	17,9
	17,97					
	17,21					
	17,53					
	18,18					
Hora	Velocidad prom.	Promedio	Desv. Estadar	Rango		Velocidad (Km/h)
19:00	16,55	16,61	1,14	≥15,475288 0010784	≤17,750997 7132073	16,83
	17,79					
	17,31					
	16,63					
	14,79					

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 27**  
Planilla de aforo de velocidades acceso B

Distancia		25 metros					
Froilán - Circunvalación (B) ↓							
Fecha	6/3/2021	7/3/2021	8/3/2021	9/3/2021	10/3/2021	11/3/2021	12/3/2021
Hora	Velocidad (Km/h)						
08:00	12,44	20,32	18,15	18,91	19,92	18,68	20,05
	17,45	15,39	20,23	21,54	16,49	20,32	16,43
	20,05	20,84	18,41	20,89	22,34	16,7	18,56
	17,62	19,15	17,18	14,83	18,52	16,22	17,86
	16,8	14,96	19,49	16,11	18,6	18,33	15,39
Hora	Velocidad (Km/h)						
12:00	21,85	15,47	18,3	18,41	18,87	19,61	17,08
	15,82	21,18	17,25	16,67	19,96	17,25	20,28
	16,46	13,38	20,55	19,66	17,28	16,89	13,52
	20,55	18,33	16,7	17,02	16,8	21,43	16,92
	13,54	15,71	14,59	15,82	17,76	14,64	18,08
Hora	Velocidad (Km/h)						
19:00	16,08	13,16	13,42	16,64	15,91	13,54	12,92
	13,94	16,86	15,68	13,42	12,9	14,73	14,73
	14,78	15,91	14,86	15,74	18,15	15,18	17,08
	15,03	15,36	12,23	14,4	17,08	15,03	14,4
	12,7	13,96	17,05	16,08	20,14	15,36	18,04

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28**  
Velocidad promedio acceso B

Froilán - Circunvalación (B)						Prom. Diario
						16,99
Hora	Velocidad prom.	Promedio	Desv. Estadar	Rango		Velocidad (Km/h)
08:00	18,35	18,15	1,02	≥17,126339 3620482	≤19,169089 2093804	17,99
	18,26					
	19,68					
	17,34					
	17,10					
Hora	Velocidad prom.	Promedio	Desv. Estadar	Rango		Velocidad (Km/h)
12:00	18,51	17,53	1,21	≥16,320248 8892238	≤18,744322 5393476	17,99
	18,34					
	16,82					
	18,25					
	15,73					
Hora	Velocidad prom.	Promedio	Desv. Estadar	Rango		Velocidad (Km/h)
19:00	14,52	15,21	0,79	≥14,419194 5431203	≤16,008805 4568797	14,97
	14,61					
	15,96					
	14,79					
	16,19					

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 29**  
Planilla de aforo de velocidades acceso A

Distancia		25 metros					
Circunvalación - Froilán (A) →							
Fecha	6/3/2021	7/3/2021	8/3/2021	9/3/2021	10/3/2021	11/3/2021	12/3/2021
Hora	Velocidad (Km/h)						
08:00	14,45	17,55	18,91	14,88	19,4	20,51	19,92
	17,48	22,28	14,5	21,74	16,4	18,11	15,34
	12,56	21,54	13,4	18,41	21,38	21,96	15,99
	16,64	15,23	16,61	16,11	17,18	15,06	20,79
	13,52	15,36	18,52	13,56	16,13	19,28	23,38
12:00	13,01	19,61	19,28	21,54	21,54	15,03	2,52
	16,83	14,5	20,09	18,68	16,28	15,39	16,86
	21,74	18,79	15,88	20,23	16,11	14,66	18,99
	20,79	19,36	16,19	15,96	14,83	15,16	16,11
	15,34	15,66	18,75	18,83	19,03	18,11	13,14
19:00	16,08	16,64	15,5	16,11	17,72	20,84	15,52
	15,91	19,61	18,19	19,11	17,31	16,28	17,97
	20,14	15,52	21,54	16,46	18,33	19,7	19,44
	13,58	18,3	16,08	21,13	18,83	14,98	16,64
	16,64	15,16	16,92	14,98	16,89	16,67	16,31

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 30**  
Velocidad promedio acceso A

Circunvalación - Froilán (A) →					Prom. Diario	
Hora	Velocidad prom.	Promedio	Desv. Estadar	Rango		Velocidad (Km/h)
08:00	17,95	17,55	0,55	≥16,994901 1662766	≤18,095384 5480091	17,74
	17,98					
	17,89					
	16,80					
	17,11					
Hora	Velocidad prom.	Promedio	Desv. Estadar	Rango		Velocidad (Km/h)
12:00	16,08	16,99	0,70	≥16,290892 7130971	≤17,698821 5726172	16,95
	16,95					
	18,06					
	16,91					
	16,98					
Hora	Velocidad prom.	Promedio	Desv. Estadar	Rango		Velocidad (Km/h)
19:00	16,92	17,34	0,95	≥16,392716 635553	≤18,294711 9358755	17,26
	17,77					
	18,73					
	17,08					
	16,22					

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 31**  
Planilla de aforo de velocidades acceso C

Distancia		25 metros					
Circunvalación - Froilán (C) ←							
Fecha	6/3/2021	7/3/2021	8/3/2021	9/3/2021	10/3/2021	11/3/2021	12/3/2021
Hora	Velocidad (Km/h)						
08:00	19,07	18,3	22,96	19,87	16,92	16,49	15,91
	24,66	19,53	15,91	18,79	21,03	20,23	20
	20	18,33	20,84	18,52	17,05	21,74	19,07
	18,3	22,12	18,83	21,9	20,79	17,18	17,76
	18,11	23,26	18,49	17,12	15,6	15,93	21,9
Hora	Velocidad (Km/h)						
12:00	18,04	21,18	16,7	16,49	18,33	16,8	17,12
	17,35	17,31	19,07	16,67	15,82	14,2	15,77
	17,48	15,44	16,28	16,73	17,25	17,31	16,67
	16,73	20	14,25	13,96	14,93	15,29	14,69
	19,44	14,09	14,98	13,14	16,02	17,79	14,88
Hora	Velocidad (Km/h)						
19:00	16,05	20,05	16,64	12,81	17,08	14,09	14,93
	16,49	16,28	14,98	15,71	16,13	18,72	18,6
	15,91	15,68	17,93	17,28	15,31	15,71	19,79
	16,89	17,28	20,69	17,18	21,03	19,53	15,88
	18,95	15,88	17,28	18,19	18,3	17,51	13,83

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 32**  
Velocidad promedio acceso C

Circunvalación - Froilán (A) ←					Prom. Diario	
Hora	Velocidad prom.	Promedio	Desv. Estadar	Rango	Velocidad (Km/h)	
08:00	18,50	19,21	0,64	$\geq 18,574825$ 4649584	$\leq 19,854317$ 3921845	19,19
	20,02					
	19,36					
	19,55					
	18,63					
Hora	Velocidad prom.	Promedio	Desv. Estadar	Rango	Velocidad (Km/h)	
12:00	17,81	16,52	0,86	$\geq 15,658145$ 6868224	$\leq 17,381854$ 3131776	16,2
	16,60					
	16,74					
	15,69					
	15,76					
Hora	Velocidad prom.	Promedio	Desv. Estadar	Rango	Velocidad (Km/h)	
19:00	15,95	16,99	0,88	$\geq 16,110431$ 5355159	$\leq 17,866139$ 8930556	16,88
	16,70					
	16,80					
	18,35					
	17,13					

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en las velocidades promediadas, en los 4 accesos no supera los 18 km/h. Lo que confirma que no cumple con su función como vía de acceso rápido, debido a la congestión vehicular de la intersección. Siendo uno de los factores a tomar en cuenta en el presente proyecto de grado.

### 3.3.3 Señalización

Las señalizaciones, son importantes para los conductores de vehículos, siendo esto necesario para el ordenamiento vehicular de la intersección a estudiar, estas pueden ser señalizaciones verticales y horizontales

Estas señalizaciones deben realizarse en base al Manual de dispositivos de control de tránsito, las cuales presentan los criterios necesarios para la realización de las señales verticales y horizontales de tráfico

#### 3.3.3.1 Señalización vertical

En cuanto a las señalizaciones verticales, actualmente solo se cuenta con las señales informativas, que proporcionan al conductor información a lo largo de un trayecto, como ser direcciones y servicios públicos, cercanos a la zona de estudio, entre ellas se encuentran.

**Tabla 33**

Señalización de la intersección de estudio

Intersección	Señalización
Froilán - Circunvalación (D) ↑	-
Froilán - Circunvalación (B) ↓	Señal informativa de un centro médico.
Circunvalación - Froilán (A) →	Señal informativa (direccionando), señal informativa (parada de un sindicato de taxis)
Circunvalación - Froilán (C) ←	Señal informativa (direccionando)

Fuente: Elaboración propia

**Figura 32**

Ubicación de las señalizaciones verticales



Fuente: Elaboración propia

Es así que mediante la presente propuesta se hizo un nuevo planteamiento de señalización vertical capaz de cubrir las necesidades en la zona de estudio.

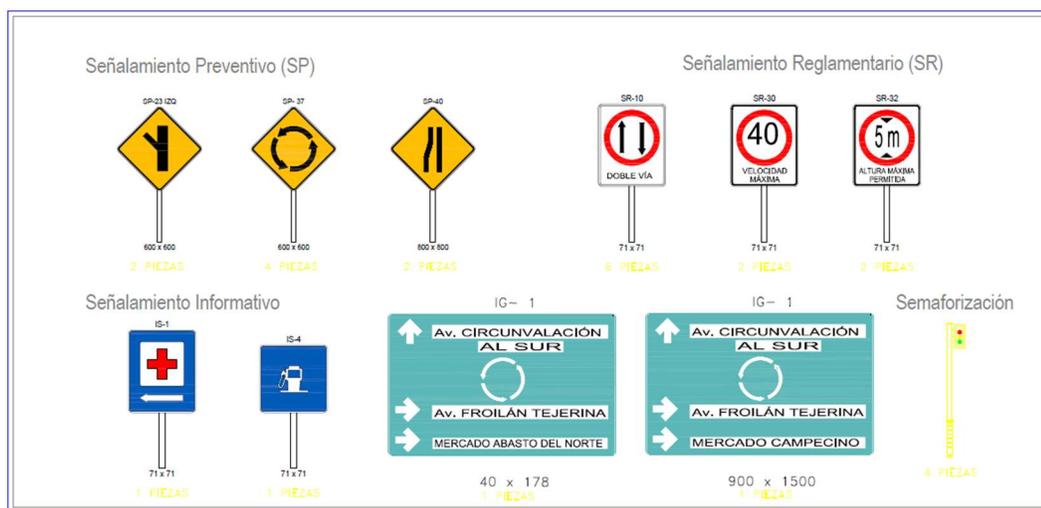
**Tabla 34**

Propuesta de señalización vertical

Intersección	Señalización
Froilán - Circunvalación (D) ↑	Señal preventiva SP-37, señal reglamentaria SR-32
Froilán - Circunvalación (B) ↓	Señal preventiva SP-37, señal reglamentaria SR-32, Señal informativa IS-1
Circunvalación - Froilán (A) →	Señal preventiva SP-37, SP-23 IZQ, SP-40, señal reglamentaria SR-10, SR-30, SR-32, Señal informativa IG-1
Circunvalación - Froilán (C) ←	Señal preventiva SP-37, SP-23 IZQ, SP-40, señal reglamentaria SR-10, SR-30, SR-32, Señal informativa IG-1, IS-4

Fuente: Elaboración propia

**Figura 33**  
Señalizaciones verticales



Fuente: Elaboración propia

Obteniendo un total de 18 señalizaciones verticales además de 4 semaforizaciones en la intersección de la rotonda la torre.

### 3.3.3.2 Señalización horizontal

Con lo que respecta a las señalizaciones horizontales, está constituido por líneas y símbolos pintados sobre la superficie de la calzada, que sirven para dirigir y orientar a los conductores y peatones de la zona, sin embargo, con lo que respecta a la señalización horizontal en cada acceso. En este caso los accesos que tienen intersección en la rotonda de la torre, no se cuenta con paso peatonal, con línea continua, discontinua, línea de frenado y tampoco con flechas direccionales.

**Figura 34**

Señalización horizontal actual



Fuente: Elaboración propia

Es debido a la falta de señalización horizontal que se plantea una nueva alternativa.

**Tabla 35**

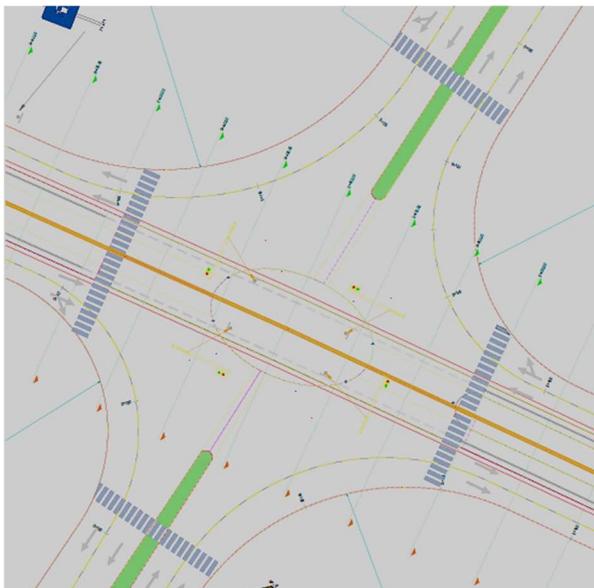
Propuesta de señalización horizontal

Señalización vertical	
Intersección	Señalización
Froilán - Circunvalación (D) ↑	Flecha recta y de viraje, paso peatonal
Froilán - Circunvalación (B) ↓	Flecha recta y de viraje, paso peatonal
Circunvalación - Froilán (A) →	Flecha recta y de viraje, paso peatonal, línea blanca continua y discontinua, línea amarilla continua, línea de reducción de pista, achurado en diagonal y "V"
Circunvalación - Froilán (C) ←	Flecha recta y de viraje, paso peatonal, línea blanca continua y discontinua, línea amarilla continua, línea de reducción de pista, achurado en diagonal y "V"

Fuente: Elaboración propia

**Figura 35**

Señalización horizontal en la rotonda de la torre



Fuente: Elaboración propia

**Figura 36**

Señalización horizontal al ingreso de la intersección



Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4 Semaforización

Con respecto a la semaforización cuenta con un sistema de doble señalización vehicular.

**Tabla 36**

Tiempos de semaforización actuales en la intersección

Intersección	Tiempos de Semaforización		
	T. Rojo (seg)	T. amarillo (seg.)	T. verde (seg)
Froilán - Circunvalación (D) ↑	30	3	17
Froilán - Circunvalación (B) ↓	30	3	17
Circunvalación - Froilán (A) →	20	3	25
Circunvalación - Froilán (C) ←	20	3	25

Fuente: Elaboración propia

**Figura 37**

Ubicación actual de los semáforos



Fuente: Elaboración propia

### **3.4 Parámetros de diseño geométrico**

Para el diseño geométrico de la intersección a desnivel, se presentarán dos alternativas que serán realizadas mediante el manejo del software AutoCAD Civil 3D.

Estas dos alternativas fueron escogidas mediante en previo estudio de tráfico realizado, que será plasmado posteriormente en el punto 3.4.3, además de contemplar el menor movimiento de tierras posibles

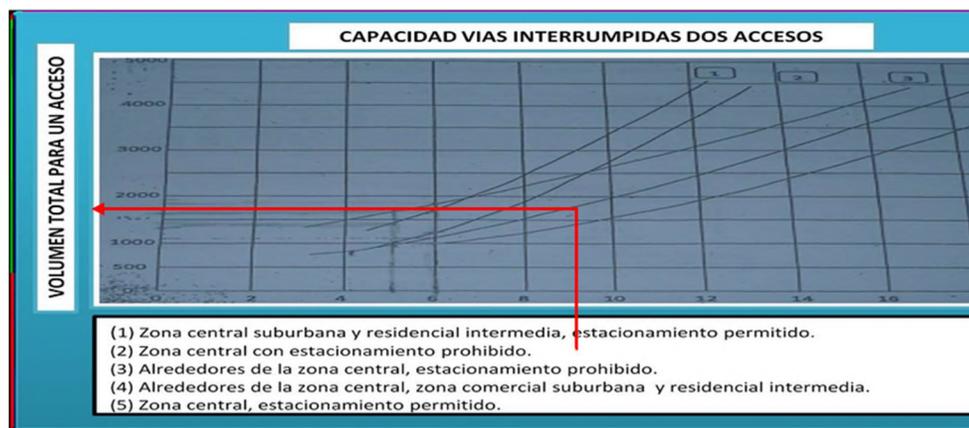
Los parámetros de diseño que se tomarán en cuenta para esta alternativa estarán en base al Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018.

A continuación, se presentarán los criterios utilizados para el diseño geométrico en cada alternativa en función a geometría y tráfico.

#### **3.4.1 Tráfico**

Una vez aforada la intersección se realizó el cálculo de la capacidad vehicular en base al método HCM para vías interrumpidas y el nivel de servicio en función al método INVIAS de cada acceso. Donde se obtuvieron los siguientes resultados.

### 3.4.1.1 Capacidad



**Tabla 37**

Capacidad en vías Interrumpidas método HCM acceso (D)

Froilán - Circunvalación (D) ↑		
Calle con circulación en ambos sentidos con carril suplementario para movimientos de giros pero sin indicación especial de semáforo.		
Ancho de calle	9,05	m
(4) Alrededores de la zona central, zona comercial suburbana y residencial intermedia		
Parada de micros antes de la intersección	0	
Ancho de acceso corregido	9,05	m
Capacidad teórica	1800	veh/h
Capacidad práctica	1800	
Carril suplementario derecha	0,05	
Carril suplementario giro izquierda	0,1	
	1,15	
Factor Giro Derecha	15,72	<20%
	0,84	
Factor Giro izquierdo	23,75	<20%
	0,76	
Factor de Veh. Pesado	1	
Capacidad real	1331	Veh/h

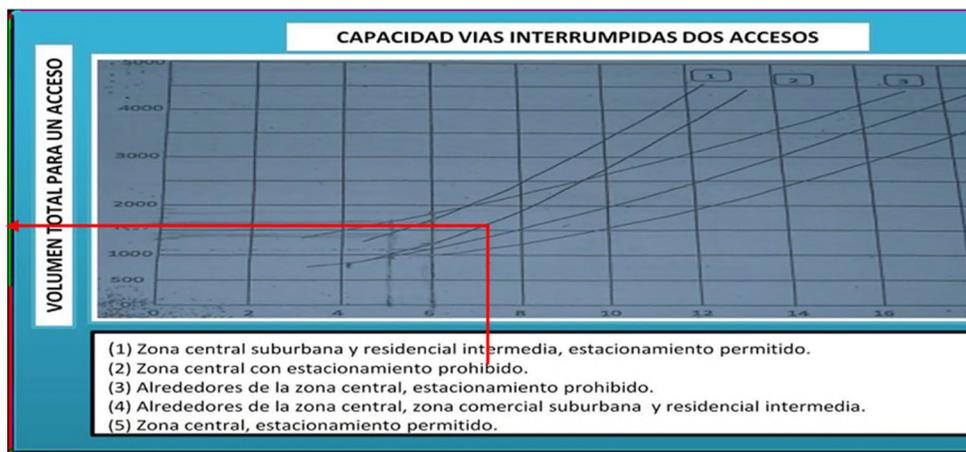
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 38**

Capacidad en vías Interrumpidas método HCM acceso (B)

Froilán - Circunvalación (B) ↓		
Calle con circulación en ambos sentidos con carril suplementario para movimientos de giros pero sin indicación especial de semáforo.		
Ancho de calle	9,05	m
(4) Alrededores de la zona central, zona comercial suburbana y residencial intermedia		
Parada de micros antes de la intersección		
Ancho de acceso corregido	9,05	m
Capacidad teorica	1800	veh/h
Capacidad práctica	1800	
Carril suplementario derecha	0,05	
Carril suplementario giro izquierda	0,1	
	1,15	
Factor Giro Derecha	12,80	<20%
	0,87	
Factor Giro izquierdo	26,31	<20%
	0,74	
Factor de Veh. Pesado	1	
Capacidad real	1331	Veh/h

Fuente: Elaboración propia

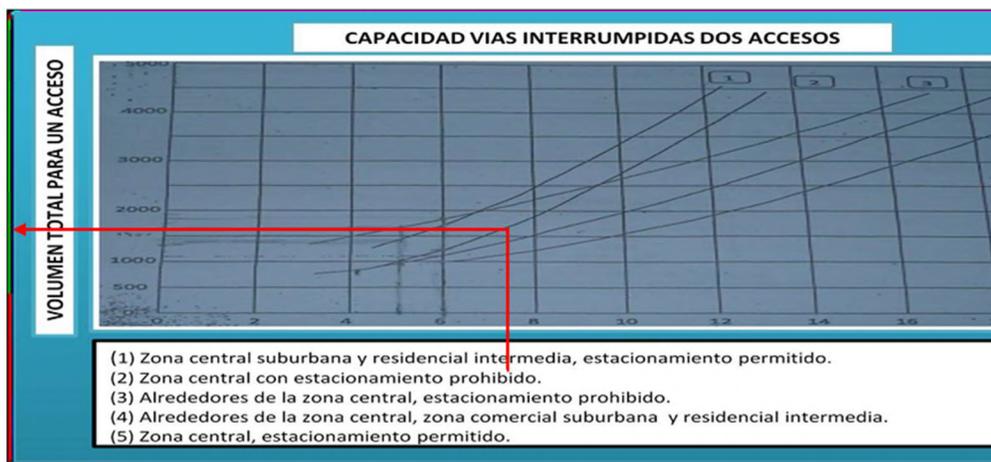


**Tabla 39**

Capacidad en vías Interrumpidas método HCM acceso (A)

Circunvalación - Froilán (A) →		
Calle con circulación en ambos sentidos con carril suplementario para movimientos de giros pero sin indicación especial de semáforo.		
Ancho de calle	7,6	m
(4) Alrededores de la zona central, zona comercial suburbana y residencial intermedia		
Parada de micros antes de la intersección		
Ancho de acceso corregido	7,6	m
Capacidad teorica	1400	veh/h
Capacidad práctica	1400	
Carril suplementario derecha	0,05	
Carril suplementario giro izquierda	0,1	
	1,15	
Factor Giro Derecha	13,07	<20%
	0,87	
Factor Giro izquierdo	23,75	<20%
	0,76	
Factor de Veh. Pesado	1	
Capacidad real	1068	Veh/h

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 40**

Capacidad en vías Interrumpidas método HCM acceso (C)

Circunvalación - Froilán (C) ←		
Calle con circulación en ambos sentidos con carril suplementario para movimientos de giros pero sin indicación especial de semáforo.		
Ancho de calle	7,6	m
(4) Alrededores de la zona central, zona comercial suburbana y residencial intermedia		
Parada de micros antes de la intersección		
Ancho de acceso corregido	7,6	m
Capacidad teórica	1400	veh/h
Capacidad práctica	1400	
Carril suplementario derecha	0,05	
Carril suplementario giro izquierda	0,1	
	1,15	
Factor Giro Derecha	10,21	<20%
	0,90	
Factor Giro izquierdo	26,20	<20%
	0,74	
Factor de Veh. Pesado	1	
<u>Capacidad real</u>	<u>1067</u>	<u>Veh/h</u>

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.1.2 Nivel de servicio.

**Tabla 41**

Nivel de servicio en vías interrumpidas método INVIAS

Nivel de servicio		
Se obtiene el nivel de servicio de la intersección, utilizando la menor capacidad de los cuatro accesos		
Volumen	1957	veh/h
Capacidad	1067	veh/h
<u>Nivel de servicio</u>	<u>1,83</u>	E
En este nivel las condiciones de circulación son de flujo forzado, velocidades bajas, detenciones frecuentes y mayores lapsos de tiempo considerándose a este nivel prácticamente de tráfico congestionado.		

Fuente: Elaboración propia

Una vez calculada la capacidad y el nivel de servicio de la intersección se proceder a elegir los parámetros del diseño geométrico tomando en cuenta estos antecedentes de tráfico vehicular.

## 3.4.2 Criterios para el diseño en planta

### 3.4.2.1 Sección de entrecruzamiento

La sección de entrecruzamiento es aquella en la que se entrecruzan distintos flujos vehiculares que siguen un mismo sentido de circulación. Su longitud y ancho determinará su facilidad de maniobra de los vehículos.

El ancho del tramo de entrecruzamiento se expresa de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$N = \frac{(W1 + K W2 + F1 + F2)}{C}$$

Donde:

N=Número de carriles de entrecruzamiento.

W1=Volumen vehicular mayor que se entrecruza.

K=Factor de entrecruzamiento (1 a 3)

W2=Volumen vehicular menor que se entrecruza.

F1, F2=Volúmenes de tránsito directo

C=Capacidad normal del carril de la vía principal.

$$N = \frac{(400 + 3 * 343 + 741 + 448)}{1167} = 2$$

Es así que previo a la intersección a desnivel se contara con 2 carriles de entrecruzamiento plasmados sobre la avenida circunvalación, los cuales ya son existentes en la zona.

Para obtener la longitud mínima de entrecruzamiento se encuentran en base a la siguiente tabla del manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018

**Tabla 42**

Longitud mínima de entrecruzamiento

Volumen de Entrecruzamiento = W1+ W2 (vehículo/hora)	Longitud Mínima de la sección de entrecruzamiento (m)
1000	75
1500	120
2000	200
2500	290
3000	410
3500	565

Fuente: Manual de diseño geométrico DG-2018

Sabiendo que nuestro volumen de entrecruzamiento es de 743 veh/hrs., se obtiene que nuestra longitud mínima de la sección de entrecruzamiento debe ser de 75 m. También es necesario tomar en cuenta el balance de carriles donde:

- La distancia mínima entre puntos de entrada y salida, debe ser 180 m.
- El ángulo deseable entre la vía de enlace o secundaria y la calzada de la vía principal, debe estar entre 4° y 5°.

### 3.4.2.2 Ancho de carriles

Es necesario tomar en cuenta los criterios correspondientes a velocidad de diseño, ancho de calzada y pendiente para las vías de enlace y vías principales

**Tabla 43**

Criterios de diseño geométrico

Descripción	Criterio	
Velocidad de diseño	Adecuarla a la demanda de tránsito para lograr una capacidad suficiente y, por homogeneidad, se procurará que no sea inferior a la mitad de la velocidad correspondiente a la vía de la que procede.  Si es un enlace, mínimo 25 km/h.	
Ancho de calzada	Mínimo 4,0 m de calzada.  Si el volumen de tránsito amerita el suministro de una vía de enlace con dos carriles, el ancho de la calzada se debe incrementar a 7,20 m.	
Sobreancho	No serán de aplicación los correspondientes a las vías principales y únicamente para radios menores de 30,0 m el ancho de calzada será de 4,50 m.	
Pendiente	Normal < 5%	
	Máxima.	8% tránsito liviano.  5% mayor porcentaje de tránsito pesado

Fuente: Manual de diseño geométrico DG-2018

La velocidad de diseño de proyecto considerada en nuestro caso será de 40 km/h. al ser esta una zona de circulación urbana.

El ancho de la calzada de la vía principal de la intersección a desnivel de las 2 alternativas será de 7.2(m) metros a lo largo de todo el tramo para que este cumpla la función de doble carril. En las vías externas del acceso (A) y acceso (C) se encontrarán en 5.2 m. sujeto a mínima variación a lo largo del tramo, en función a la sección de cada fracción del tramo.

En lo que respecta al sobre ancho, este no será aplicado en la intersección a desnivel y tampoco en las vías externas, ya que su radio es mayor a 30 m.

En el caso de la pendiente su máxima para el diseño será de 5% en la intersección a desnivel. Debido a que por intersección el aforo de vehículos pesados es existente.

En el caso de los radios mínimos serán botados en base a los criterios del manual de diseño geométrico DG-2018.

**Tabla 44**

Peralte Máximo y radios mínimos

V Ramal (km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
<i>f</i> máx %	31	28	25	23	21	19	18	17	16	15	14	13	13
<i>p</i> máx %	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7.5	7	6.5	6.5
R mín adoptado	15	20	30	40	55	75	90	120	140	170	240	330	400

Fuente: Manual de diseño geométrico DG-2018

En base a esta tabla se puede observar que en base a la velocidad seleccionada de 40 km/h. nuestro peralte máximo será de 21% y el radio mínimo será de 40 m.

### 3.4.3 Criterios para el diseño en perfil

A continuación, se presentará una tabla con los parámetros mínimos que debe cumplir para el desarrollo del diseño en perfil.

**Tabla 45**  
Criterios para curvas horizontales

V Ramal (km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
Distancia de visibilidad de parada (m)	20	26	32	39	47	55	65	75	85	95	120	145	175
K Convexo(m)	300	300	300	400	525	700	1.000	1.400	1.700	2.200	3.500	5.000	7.200
K Cóncavo (m)	250	350	450	600	800	1.000	1.200	1.500	1.750	2.000	2.700	3.400	4.200
L mínimo (m)	15	20	20	22	25	28	32	35	40	50	60	80	100
Inclinaciones máximas de rasante (%)	± 8.0	± 8.0	± 8.0	± 8.0	± 7.5	± 7.0	± 6.5	± 6.0	± 6.0	± 5.5	± 5.0	± 4.5	± 4.0

Fuente: Manual de diseño geométrico DG-2018

Sabiendo que  $K = L/A$ ,  $L =$  Longitud de curva vertical,  $A =$  Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes.

Tomando en cuenta que nuestra velocidad será de 40 (km/h). la distancia de visibilidad de parada será de 39 (m). La curva vertical convexa debe ser máximo 400 (m), la cóncava 600(m), además de que la longitud mínima de curva debe ser de 22(m), sabiendo que nuestra inclinación máxima de la rasante será de  $\pm 8.0$ .

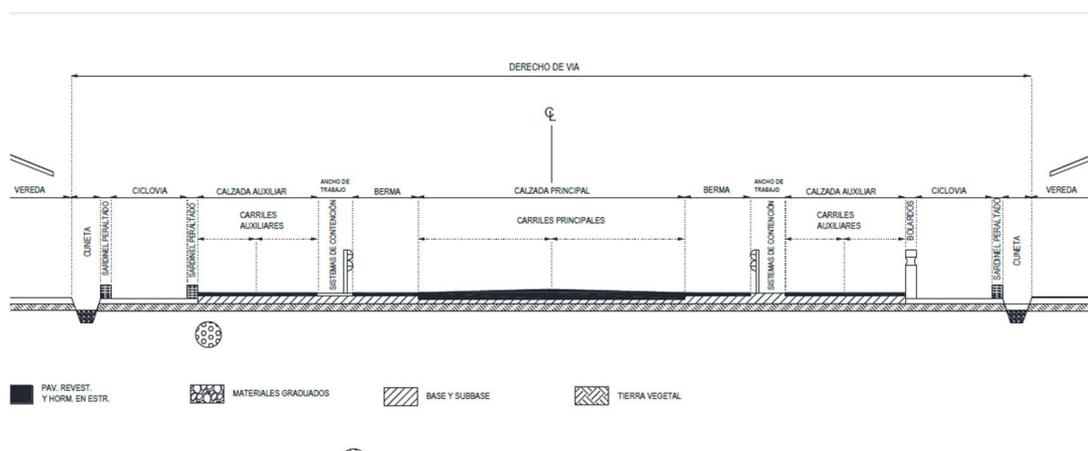
En caso de la pendiente mínima, si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, como es nuestro caso se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0.2%.

#### **3.4.4 Criterios para el diseño de la sección transversal grafico**

Para el diseño de la sección transversal tomaremos en cuenta criterios para el diseño de calzadas y bermas, lo referido a cunetas y taludes no se tomarán en cuenta para este diseño, ya que es el emplazamiento en una zona urbana, es así que estos criterios son los asumidos en diseño en planta.

**Figura 38**

Sección transversal de una calzada de dos carriles, en zona urbana.



Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018

Cabe recalcar que por tema de espacio las bermas laterales se redujeron a 0.30 (m), en extremos derecho e izquierdo de los carriles externos y de la intersección a desnivel.

### 3.5 Diseño propuesto

#### 3.5.1 Procedimiento

##### 3.5.1.1 Alternativa 1 (Intersección a desnivel subterráneo)

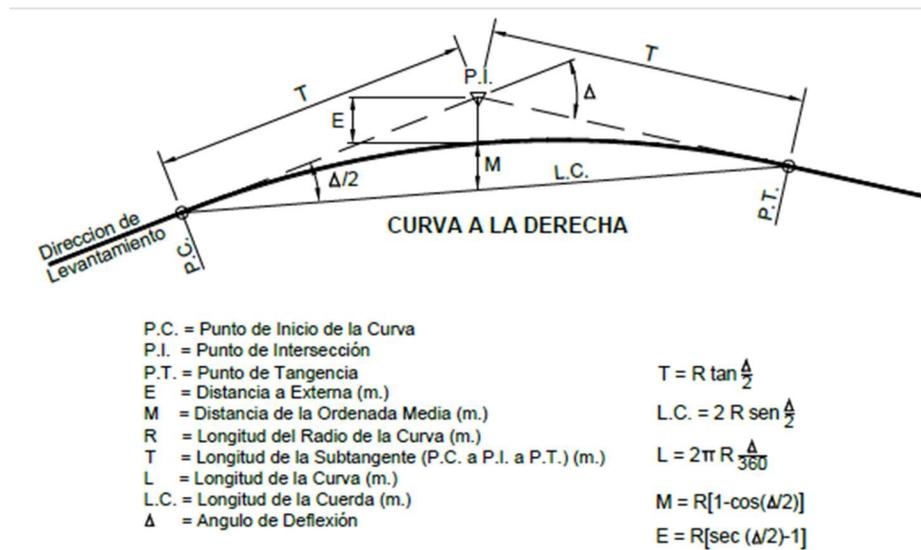
En base a los criterios de diseño geométricos para las 2 alternativas planteadas, se procede a realizar el trazado del eje del tramo además de sus curvas horizontales de ser necesarias. En este caso al ser un tramo parcialmente recto se realizó la aplicación de una sola curva horizontal y el trazado de 4 curvas horizontales para el diseño de las aceras en los accesos a la intersección. Obteniendo los siguientes resultados.

#### Alineamiento Horizontal

En el caso del modelo subterráneo se cuenta con una curva horizontal a lo largo del tramo de la intersección a desnivel (subterráneo), que obtiene los siguientes resultados

**Figura 39**

Simbología de curva horizontal



Fuente: Manual de diseño geométrico DG-2018

**Figura 40**

Curva Horizontal de la intersección a desnivel en Av. Circunvalación



Fuente Elaboración Propia

**Tabla 46**

Elementos de la curva horizontal Alternativa 1

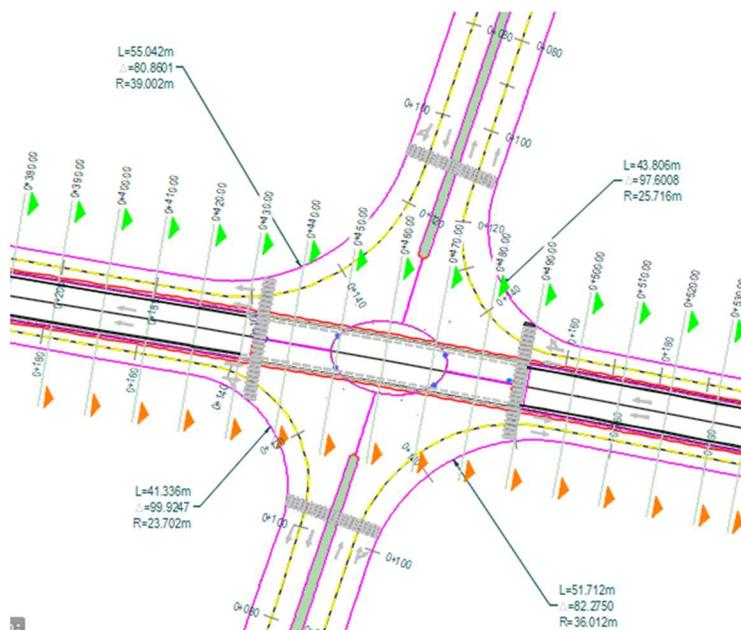
Deflexión $\Delta$	2,5687
Radio (m)	1000
Longitud de curva L (m)	44,882
Longitud de la cuerda Lc (m)	44,828
Distancia a Externa E (m)	0,251
Distancia a la ordenada media M (m)	0,251

Fuente Elaboración Propia

Además de la curva horizontal de la intersección a desnivel también se realizaron curvas horizontales para los accesos a la intersección: obteniendo como resultado la siguiente información.

**Figura 41**

Curva horizontal en accesos Alternativa 1



Fuente Elaboración Propia

**Tabla 47**

Elementos de la curva horizontal en accesos Alternativa 1

Acceso A →		Acceso C ←	
Deflexión $\Delta$	99,9247	Deflexión $\Delta$	97,6008
Radio (m)	23,702	Radio (m)	25,716
Longitud de curva L (m)	41,336	Longitud de curva L (m)	43,806
Longitud de la cuerda Lc (m)	36,2935	Longitud de la cuerda Lc (m)	38,698
Distancia a Externa E (m)	13,1429	Distancia a Externa E (m)	13,326
Distancia a la ordenada media M (m)	8,4547	Distancia a la ordenada media M (m)	8,777
Acceso B ↑		Acceso D ↓	
Deflexión $\Delta$	82,275	Deflexión $\Delta$	80,8601
Radio (m)	36,012	Radio (m)	39,002
Longitud de curva L (m)	51,712	Longitud de curva L (m)	55,042
Longitud de la cuerda Lc (m)	47,3823	Longitud de la cuerda Lc (m)	50,587
Distancia a Externa E (m)	11,8043	Distancia a Externa E (m)	12,236
Distancia a la ordenada media M (m)	8,89	Distancia a la ordenada media M (m)	9,314

Fuente Elaboración Propia

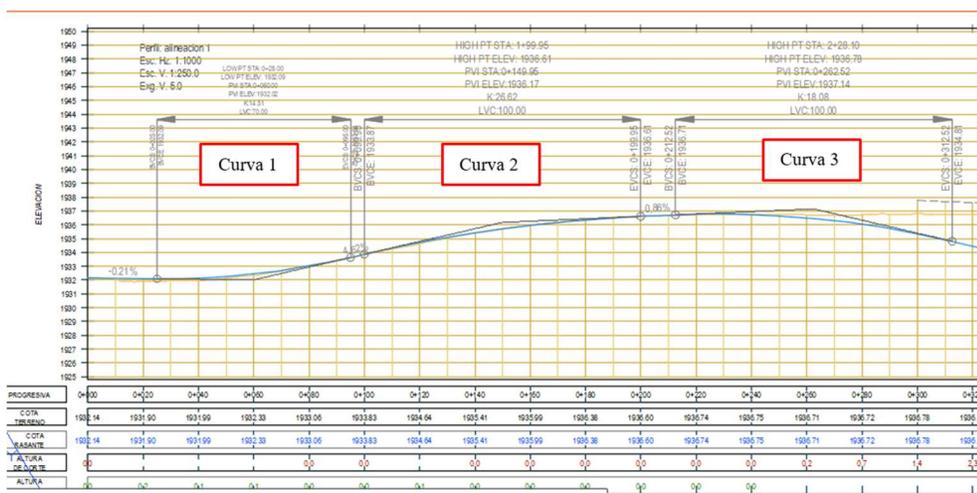
**Alineamiento vertical**

Para nuestro diseño vertical de la alternativa 1, se muestran pendientes las cuales ninguna es menor 0.2% manteniendo las condiciones de drenaje en con nuestro calzado con un bombeo de 2%, en el alineamiento vertical se presentará el principal perteneciente a la intersección a desnivel (Subterráneo) sobre la Av. Circunvalación y otros 4 pertenecientes a los accesos a la intersección que se encontraran a nivel de la superficie. Obteniendo los siguientes resultados.

**Alineamiento vertical de intersección a desnivel (Alineación I).**

**Figura 42**

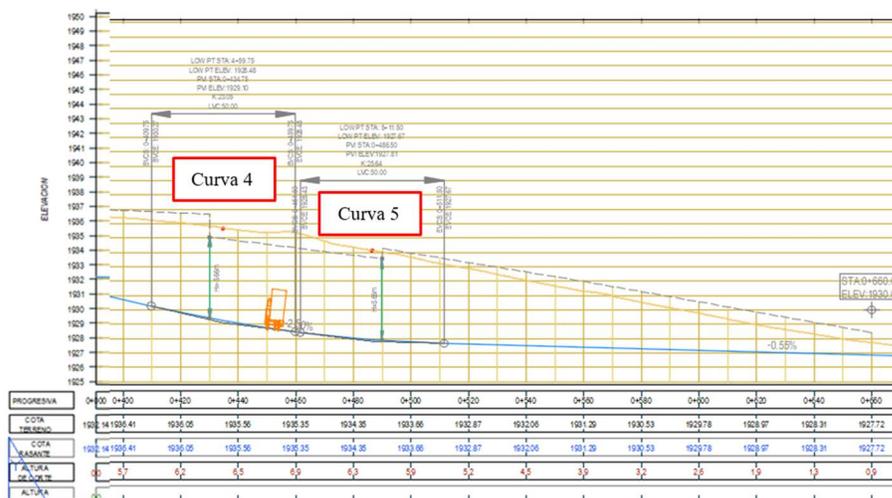
Sección I del perfil longitudinal de alternativa I



Fuente Elaboración Propia

Figura 43

## Sección II del perfil longitudinal de alternativa I



Fuente Elaboración Propia

Tabla 48

## Elementos de Curvas verticales Alineación I Alternativa I

Curva vertical 1		Curva vertical 2		Curva vertical 3	
Punto Inicio	0+025	Punto Inicio	0+099.95	Punto Inicio	0+212.52
Elevacion Inicio	1932,09	Elevacion Inicio	1933,87	Elevacion Inicio	1936,71
Punto Final	0+095	Punto Final	0+199.95	Punto Final	0+312.52
Elevacion Final	1933,64	Elevacion Final	1936,61	Elevacion Final	1934,81
Pendiente Inicio	-0,21%	Pendiente Inicio	4,62%	Pendiente Inicio	0,86%
Pendiente Final	4,62%	Pendiente Final	0,86%	Pendiente Final	-4,67%
A (%)	-4,83%	A (%)	3,76%	A (%)	5,53%
Lc	70	Lc	100	Lc	100
$K=Lc/A$	14,51	$K=Lc/A$	26,62	$K=Lc/A$	18,08
Curva vertical 4		Curva vertical 5			
Punto Inicio	0+409.75	Punto Inicio	0+461		
Elevacion Inicio	1930,27	Elevacion Inicio	1928,43		
Punto Final	0+459.75	Punto Final	0+511.50		
Elevacion Final	1928,48	Elevacion Final	1927,67		
Pendiente Inicio	-4,67%	Pendiente Inicio	-2,50%		
Pendiente Final	-2,50%	Pendiente Final	-0,55%		
A (%)	-2,17%	A (%)	-1,95%		
Lc	50	Lc	50		
$K=Lc/A$	23,05	$K=Lc/A$	25,64		

Fuente Elaboración Propia

Alineamiento vertical de los accesos a la intersección

Figura 44

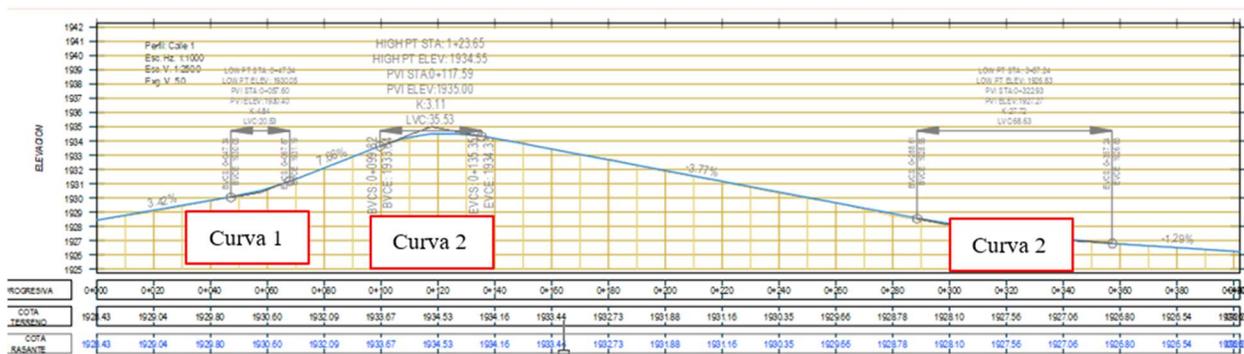
Ubicación calle 1



Fuente Elaboración Propia

Figura 45

Perfil longitudinal calle 1



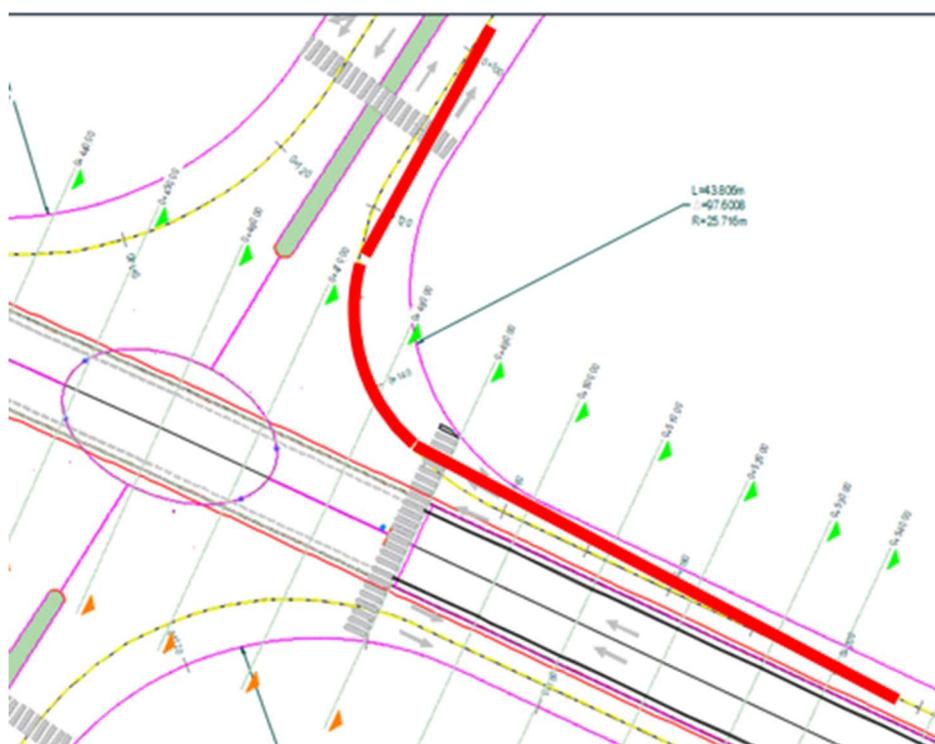
Fuente Elaboración Propia

**Tabla 49**  
Elementos de Curvas verticales Calle 1

Curva vertical 1		Curva vertical 2		Curva vertical 3	
Punto Inicio	0+047.34	Punto Inicio	0+099.82	Punto Inicio	0+288.61
Elevacion Inicio	1930,05	Elevacion Inicio	1933,64	Elevacion Inicio	1928,56
Punto Final	0+067.87	Punto Final	0+135.35	Punto Final	0+357.24
Elevacion Final	1931,19	Elevacion Final	1934,33	Elevacion Final	1926,83
Pendiente Inicio	3,42%	Pendiente Inicio	7,66%	Pendiente Inicio	-3,77%
Pendiente Final	7,66%	Pendiente Final	-3,77%	Pendiente Final	-1,29%
A (%)	-4,24%	A (%)	11,43%	A (%)	-2,48%
Lc	20,53	Lc	35,53	Lc	68,63
$K=Lc/A$	4,84	$K=Lc/A$	3,11	$K=Lc/A$	27,72

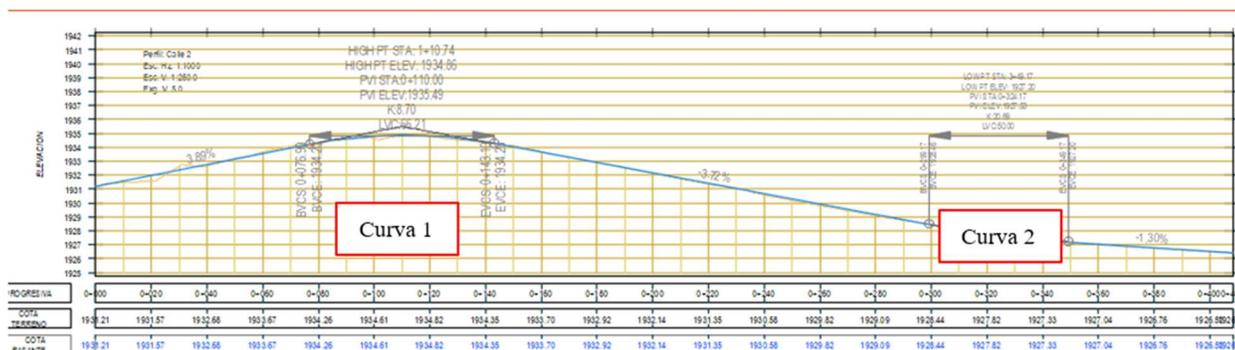
Fuente Elaboración Propia

**Figura 46**  
Ubicación calle 2



Fuente Elaboración Propia

**Figura 47**  
Perfil longitudinal calle 2



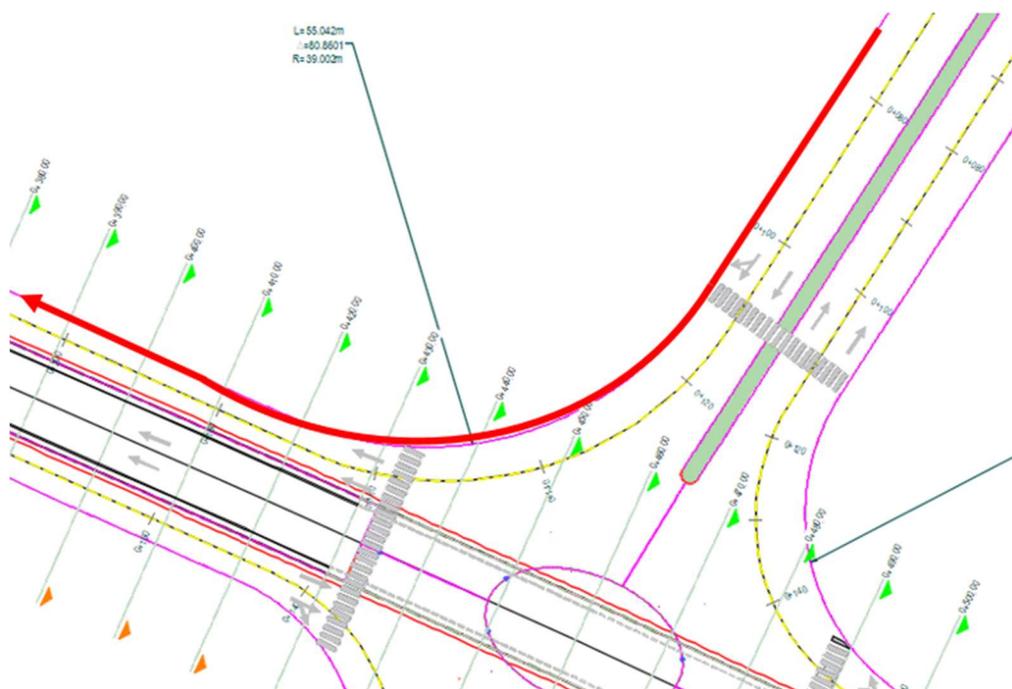
Fuente Elaboración Propia

**Tabla 50**  
Elementos de Curvas verticales Calle 2

Curva vertical 1		Curva vertical 2	
Punto Inicio	0+076.90	Punto Inicio	0+299.17
Elevacion Inicio	1934,2	Elevacion Inicio	1928,46
Punto Final	0+143.10	Punto Final	0+349.17
Elevacion Final	1934,26	Elevacion Final	1927,2
Pendiente Inicio	3,89%	Pendiente Inicio	-3,72%
Pendiente Final	-3,72%	Pendiente Final	-1,30%
A (%)	7,61%	A (%)	-2,42%
Lc	66,21	Lc	50
K=Lc/A	8,7	K=Lc/A	20,69

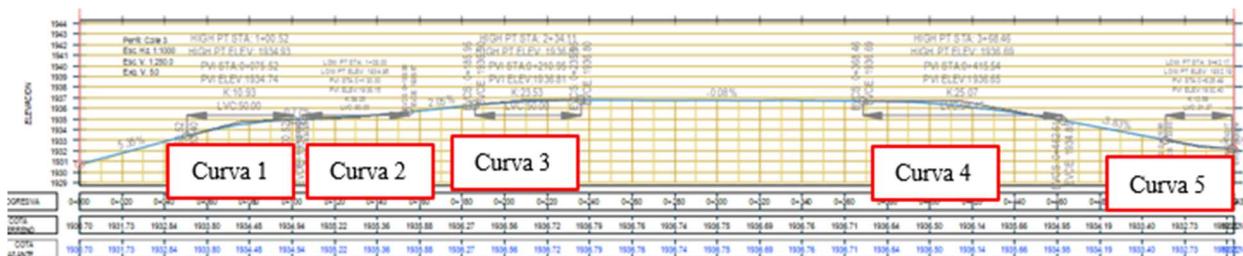
Fuente Elaboración Propia

**Figura 48**  
Ubicación calle 3



Fuente Elaboración Propia

**Figura 49**  
Perfil longitudinal calle 3



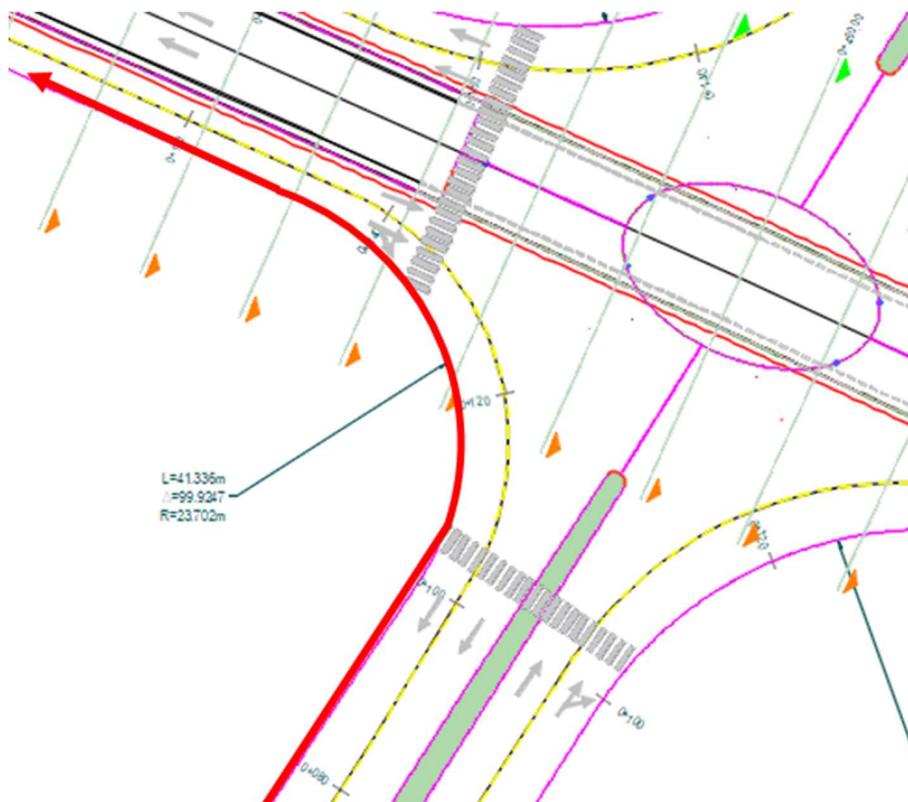
Fuente Elaboración Propia

**Tabla 51**  
Elementos de Curvas verticales Calle 3

Curva vertical 1		Curva vertical 2		Curva vertical 3	
Punto Inicio	0+050.52	Punto Inicio	0+105.00	Punto Inicio	0+185.95
Elevacion Inicio	1934,4	Elevacion Inicio	1934,96	Elevacion Inicio	1936,3
Punto Final	0+100.52	Punto Final	0+155.00	Punto Final	0+235.95
Elevacion Final	1934,93	Elevacion Final	1935,67	Elevacion Final	1936,8
Pendiente Inicio	5,35%	Pendiente Inicio	0,77%	Pendiente Inicio	2,05%
Pendiente Final	0,77%	Pendiente Final	2,05%	Pendiente Final	-0,08%
A (%)	4,58%	A (%)	-1,28%	A (%)	2,13%
Lc	50	Lc	50	Lc	50
$K=Lc/A$	10,93	$K=Lc/A$	39,26	$K=Lc/A$	23,53
Curva vertical 4		Curva vertical 5			
Punto Inicio	0+368.46	Punto Inicio	0+510.80		
Elevacion Inicio	1936,69	Elevacion Inicio	1933		
Punto Final	0+462.61	Punto Final	0+542.17		
Elevacion Final	1934,85	Elevacion Final	1932,19		
Pendiente Inicio	-0,08%	Pendiente Inicio	-3,83%		
Pendiente Final	-3,83%	Pendiente Final	-1,36%		
A (%)	3,75%	A (%)	-2,47%		
Lc	94,15	Lc	31,37		
$K=Lc/A$	25,07	$K=Lc/A$	12,68		

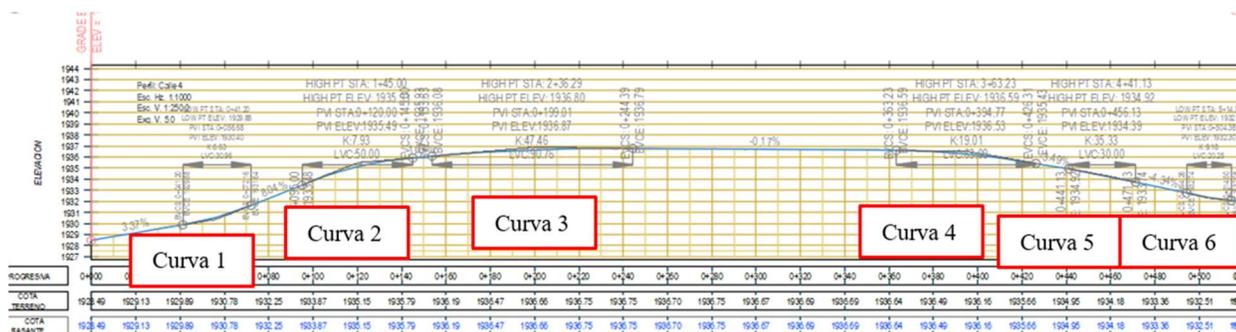
Fuente Elaboración Propia

**Figura 50**  
Ubicación calle 4



Fuente Elaboración Propia

**Figura 51**  
Perfil longitudinal calle 4



Fuente Elaboración Propia

**Tabla 52**

## Elementos de Curvas verticales Calle 4

Curva vertical 1		Curva vertical 2		Curva vertical 3	
Punto Inicio	0+041.20	Punto Inicio	0+095.0	Punto Inicio	0+153.63
Elevacion Inicio	1929,88	Elevacion Inicio	1933,48	Elevacion Inicio	1936,08
Punto Final	0+072.16	Punto Final	0+145.00	Punto Final	0+244.39
Elevacion Final	1931,64	Elevacion Final	1935..93	Elevacion Final	1936,79
Pendiente Inicio	3,37%	Pendiente Inicio	8,04%	Pendiente Inicio	1,74%
Pendiente Final	8,04%	Pendiente Final	1,74%	Pendiente Final	-0,17%
A (%)	-4,67%	A (%)	6,30%	A (%)	1,91%
Lc	30,96	Lc	50	Lc	90,76
$K=Lc/A$	6,63	$K=Lc/A$	7,93	$K=Lc/A$	47,46

Curva vertical 4		Curva vertical 5		Curva vertical 6	
Punto Inicio	0+363.23	Punto Inicio	0+441.13	Punto Inicio	0+494.26
Elevacion Inicio	1936,59	Elevacion Inicio	1934,92	Elevacion Inicio	1932,74
Punto Final	0+426.31	Punto Final	0+471.13	Punto Final	0+514.50
Elevacion Final	1935,43	Elevacion Final	1933,74	Elevacion Final	1932,08
Pendiente Inicio	-0,17%	Pendiente Inicio	-3,49%	Pendiente Inicio	-4,34%
Pendiente Final	-3,49%	Pendiente Final	-4,34%	Pendiente Final	-2,13%
A (%)	3,32%	A (%)	0,85%	A (%)	-2,21%
Lc	63,09	Lc	30	Lc	20,25
$K=Lc/A$	19,01	$K=Lc/A$	35,33	$K=Lc/A$	9,18

Fuente Elaboración Propia

**Curva masa**

En cuanto al Diagrama de curva-masa para demostrar las secciones de corte y relleno, los planos detallados, se encontrarán plasmados en anexos. Sin embargo, aquí se presentará una tabla detallada de los volúmenes de corte presenten en la alternativa de intersección a desnivel subterránea, no se presentas rellenos, debido a que por las pendientes del tramo no fueron necesarias.

**Tabla 53**

Tabla de volúmenes totales Alternativa 1

Tabla de volúmenes totales						
Progresiva	Área de relleno	Área de corte	Volumen de relleno	Volumen de corte	Acum. Vol de relleno	Acum. Vol. De corte
0+000.00	0	0	0	0	0	0
0+010.00	0	0	0	0	0	0
0+020.00	0	0	0	0	0	0
0+030.00	0	0	0	0	0	0
0+040.00	0	0	0	0	0	0
0+050.00	0	2,04	0	10,19	0	10,19
0+060.00	0	2,14	0	20,89	0	31,08
0+070.00	0	2,95	0	25,44	0	56,53
0+080.00	0	3,38	0	31,64	0	88,17
0+090.00	0	3,11	0	32,46	0	120,62
0+100.00	0	2,81	0	29,59	0	150,22
0+110.00	0	2,55	0	26,81	0	177,02
0+120.00	0	2,36	0	24,57	0	201,6
0+130.00	0	2,78	0	25,69	0	227,29
0+140.00	0	3,05	0	29,11	0	256,4
0+150.00	0	3,22	0	31,33	0	287,73
0+160.00	0	0	0	16,1	0	303,83
0+170.00	0	3,34	0	16,7	0	320,54
0+180.36	0	3,3	0	34,37	0	354,9
0+190.00	0	3,43	0	32,44	0	387,34
0+200.00	0	0	0	17,16	0	404,5
0+210.00	0	2,92	0	14,6	0	419,11
0+220.00	0	0	0	14,6	0	433,71
0+230.00	0	2,69	0	13,46	0	447,17
0+240.00	0	0	0	13,46	0	460,63
0+250.00	0	4,05	0	20,27	0	480,9
0+260.00	0	5,21	0	46,32	0	527,22
0+270.00	0	0	0	26,05	0	553,27
0+280.00	0	9,25	0	46,26	0	599,53
0+290.00	0	12,61	0	109,29	0	708,81
0+300.00	0	18,62	0	156,13	0	864,94
0+310.01	0	22,75	0	207,03	0	1071,98
0+319.81	0	27,56	0	246,58	0	1318,55
0+330.00	0	32,81	0	307,49	0	1626,04
0+340.00	0	37,58	0	351,94	0	1977,98
0+349.96	0	42,62	0	399,59	0	2377,56
0+360.00	0	47,17	0	450,51	0	2828,07

Progresiva	Área de relleno	Área de corte	Volumen de relleno	Volumen de corte	Acum. Vol de relleno	Acum. Vol. De corte
0+370.00	0	52,04	0	496,04	0	3324,11
0+380.00	0	56,08	0	540,57	0	3864,68
0+390.00	0	60,01	0	580,44	0	4445,12
0+400.00	0	64,05	0	620,29	0	5065,4
0+410.00	0	67,26	0	656,55	0	5721,96
0+420.00	0	70,3	0	687,83	0	6409,79
0+430.00	0	72,15	0	712,28	0	7122,07
0+440.00	0	72,75	0	724,53	0	7846,6
0+450.01	0	73,7	0	732,95	0	8579,55
0+460.01	0	0	0	368,47	0	8948,02
0+470.01	0	72,55	0	362,75	0	9310,77
0+480.01	0	70,47	0	715,12	0	10025,89
0+489.97	0	68,56	0	692,56	0	10718,45
0+500.01	0	66,28	0	676,79	0	11395,24
0+509.93	0	62,47	0	638,57	0	12033,81
0+520.20	0	59,06	0	624,41	0	12658,22
0+530.20	0	55,35	0	571,98	0	13230,2
0+537.46	0	52,48	0	391,08	0	13621,28
0+549.34	0	48,1	0	597,58	0	14218,86
0+559.97	0	44,37	0	491,61	0	14710,47
0+570.40	0	41,19	0	446,25	0	15156,72
0+580.04	0	37,4	0	378,83	0	15535,55
0+590.00	0	33,87	0	354,83	0	15890,38
0+600.09	0	30,68	0	325,86	0	16216,24
0+610.07	0	27,02	0	287,78	0	16504,02
0+620.10	0	23,38	0	252,73	0	16756,75
0+630.18	0	20,5	0	221,23	0	16977,98
0+640.09	0	17,77	0	189,67	0	17167,65
0+650.00	0	14,99	0	162,28	0	17329,93
0+660.00	0	11,47	0	132,28	0	17462,21
0+670.00	0	9,42	0	104,44	0	17566,65
0+680.45	0	6,88	0	85,18	0	17651,84
0+689.68	0	6,25	0	60,65	0	17712,49
0+700.00	0	5,6	0	61,17	0	17773,66
0+710.00	0	5,03	0	53,14	0	17826,8
0+720.00	0	4,49	0	47,58	0	17874,38
0+732.80	0	3,79	0	52,99	0	17927,37
0+740.91	0	3,33	0	28,9	0	17956,26
0+745.59	0	3,07	0	14,96	0	17971,22

Fuente Elaboración Propia

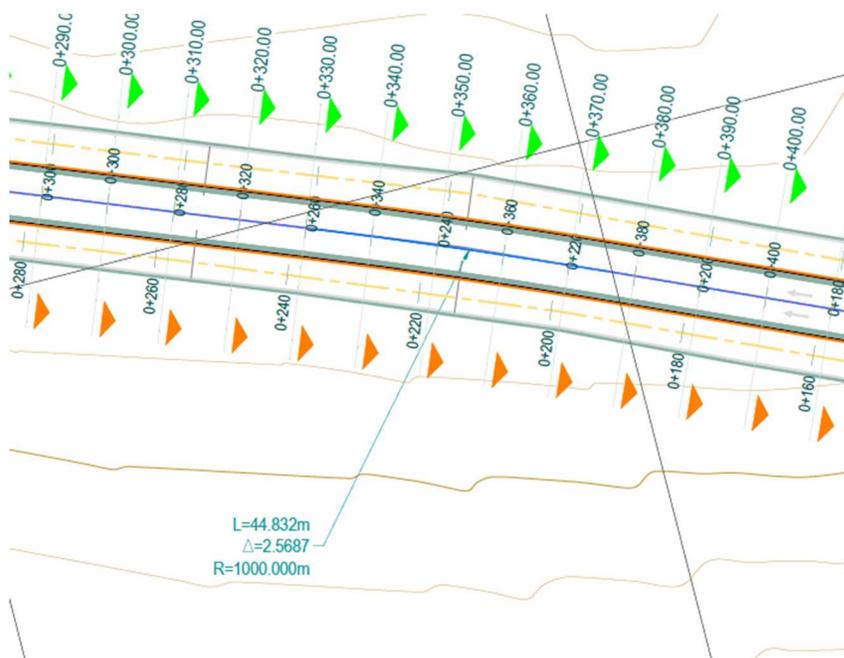
### 3.5.1.2 Alternativa 2 (Intersección a desnivel elevada)

#### Alineamiento horizontal.

Para el modelo de alternativa elevada, el alineamiento que se realizó fue semejante al de la primera alternativa, así que de igual manera cuenta con una curva horizontal a lo largo del tramo de la intersección a desnivel, que obtiene los siguientes resultados.

**Figura 52**

Curva Horizontal e Av. Circunvalación (Intersección Elevada)



Fuente Elaboración Propia

**Tabla 54**

Elementos de la curva horizontal Alternativa 2

Deflexión $\Delta$	2,5687
Radio (m)	1000
Longitud de curva L (m)	44,882
Longitud de la cuerda Lc (m)	44,828
Distancia a Externa E (m)	0,251
Distancia a la ordenada media M (m)	0,251

Fuente Elaboración Propia

Se puede denotar que el alineamiento horizontal no varía en las dos alternativas, tanto en la intersección a desnivel, como en las curvas horizontales de los accesos a la intersección.

### **Alineamiento vertical**

En el caso del alineamiento vertical al ser esta una alternativa elevada, denotaremos el cumplimiento de los criterios de diseño, para las curvas verticales y sus pendientes máximas y mínimas de la intersección elevada.

En lo que respecta a las calles pertenecientes a los accesos a la intersección, estas se mantendrán bajo el mismo criterio de la alternativa 1.

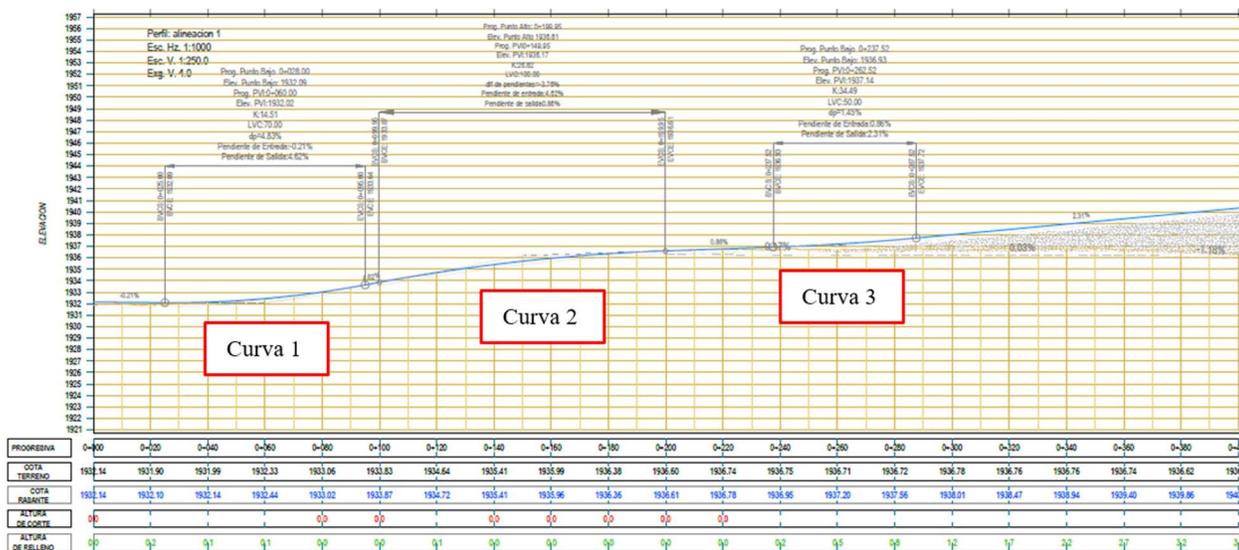
**Figura 53**

Ubicación y sentido de la intersección Alternativa 2



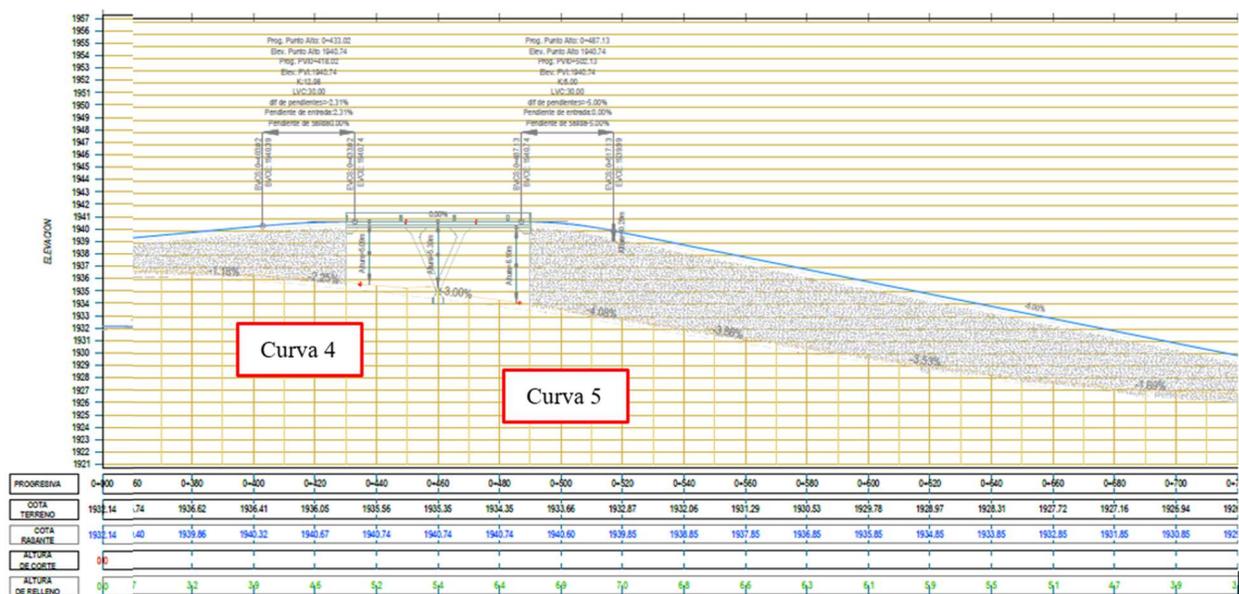
Fuente Elaboración Propia

**Figura 54**  
Sección I del perfil longitudinal de alternativa II



Fuente Elaboración Propia

**Figura 55**  
Sección II del perfil longitudinal de alternativa II



Fuente Elaboración Propia

**Tabla 55**

## Elementos de Curvas verticales Alineación I Alternativa II

Curva vertical 1		Curva vertical 2		Curva vertical 3	
Punto Inicio	0+025	Punto Inicio	0+099.95	Punto Inicio	0+237.52
Elevacion Inicio	1932,09	Elevacion Inicio	1933,87	Elevacion Inicio	1936,93
Punto Final	0+095	Punto Final	0+199.95	Punto Final	0+287.52
Elevacion Final	1933,64	Elevacion Final	1936,61	Elevacion Final	1937,72
Pendiente Inicio	-0,21%	Pendiente Inicio	4,62%	Pendiente Inicio	0,86%
Pendiente Final	4,62%	Pendiente Final	0,86%	Pendiente Final	2,31%
A (%)	-4,83%	A (%)	3,76%	A (%)	-1,45%
Lc	70	Lc	100	Lc	50
K=Lc/A	14,51	K=Lc/A	26,62	K=Lc/A	34,49
Curva vertical 4		Curva vertical 5			
Punto Inicio	0+403.02	Punto Inicio	0+487		
Elevacion Inicio	1940,39	Elevacion Inicio	1940,74		
Punto Final	0+433.02	Punto Final	0+517.13		
Elevacion Final	1940,74	Elevacion Final	1939,99		
Pendiente Inicio	-2,31%	Pendiente Inicio	0,00%		
Pendiente Final	0,00%	Pendiente Final	-5,00%		
A (%)	-2,31%	A (%)	5,00%		
Lc	30	Lc	30		
K=Lc/A	12,98	K=Lc/A	6		

Fuente Elaboración Propia

**Curva masa**

En lo que respecta al Diagrama de curva-masa para demostrar las secciones de corte y relleno, los planos detallados, se encontrarán plasmados en anexos. Sin embargo, aquí se presentará una tabla detallada de los volúmenes de corte presentes en la alternativa de intersección a desnivel subterránea, no se presentas rellenos, debido que al ser una alternativa elevada se producirá el corte necesario para el emplazamiento de la obra.

Tabla 56

Tabla de volúmenes totales Alternativa 2

Tabla de volumen totales						
Progresiva	Área de relleno	Área de corte	Volumen de relleno	Volumen de corte	Acum. Vol de relleno	Acum. Vol De corte
0+010.00	0	0	0	0	0	0
0+020.00	0	0	0	0	0	0
0+030.00	0	0	0	0	0	0
0+040.00	0	0	0	0	0	0
0+050.00	0	2,3	0	11,49	0	11,49
0+060.00	0	2,39	0	23,42	0	34,91
0+070.00	0	3,15	0	27,67	0	62,58
0+080.00	0	3,55	0	33,5	0	96,08
0+090.00	0	3,29	0	34,22	0	130,3
0+100.00	0	3,01	0	31,5	0	161,8
0+110.00	0	2,78	0	28,94	0	190,75
0+120.00	0	2,6	0	26,87	0	217,61
0+130.00	0	2,99	0	27,93	0	245,55
0+140.00	0	3,24	0	31,16	0	276,71
0+150.00	0	3,4	0	33,21	0	309,92
0+160.00	0	3,5	0	34,51	0	344,43
0+170.00	0	3,51	0	35,07	0	379,49
0+180.00	0	3,47	0	34,93	0	414,42
0+190.00	0	3,6	0	35,35	0	449,77
0+200.00	0	4,79	0	41,93	0	491,7
0+210.00	0	5,42	0	51,04	0	542,74
0+220.00	0	6,09	0	57,57	0	600,3
0+230.00	0	6,2	0	61,45	0	661,75
0+240.00	0	6,43	0	63,15	0	724,91
0+250.00	0	6,65	0	65,42	0	790,33
0+260.00	0	6,61	0	66,31	0	856,64
0+270.00	0	6,31	0	64,6	0	921,25
0+280.00	0	6,75	0	65,31	0	986,55
0+290.00	0	7,18	0	69,68	0	1056,23
0+300.00	0	7,17	0	71,79	0	1128,02
0+310.00	0	6,97	0	70,7	0	1198,72
0+320.00	0	7,01	0	69,86	0	1268,59
0+330.00	0	7,19	0	71	0	1339,58
0+340.00	0	7,03	0	71,09	0	1410,68
0+350.00	0	7,07	0	70,47	0	1481,14
0+360.00	0	6,69	0	68,8	0	1549,94

Progresiva	Área de relleno	Área de corte	Volumen de relleno	Volumen de corte	Acum. Vol de relleno	Acum. Vol. De corte
0+370.00	0	6,79	0	67,4	0	1617,34
0+380.00	0	6,49	0	66,41	0	1683,75
0+390.00	0	6,57	0	65,31	0	1749,06
0+400.00	0	6,7	0	66,35	0	1815,4
0+410.00	0	6,34	0	65,2	0	1880,6
0+420.00	0	6,77	0	65,54	0	1946,14
0+430.00	0	6,77	0	67,72	0	2013,86
0+440.00	0	7	0	68,85	0	2082,71
0+450.00	0	7,55	0	72,73	0	2155,44
0+460.00	0	9,38	0	84,64	0	2240,08
0+470.00	0	7,41	0	83,92	0	2324,01
0+480.00	0	6,59	0	69,99	0	2394
0+490.00	0	6,28	0	64,35	0	2458,35
0+500.00	0	6,16	0	62,21	0	2520,57
0+510.00	0	5,95	0	60,59	0	2581,16
0+520.00	0	6,38	0	61,65	0	2642,81
0+530.00	0	6,48	0	64,29	0	2707,1
0+540.00	0	6,28	0	63,82	0	2770,91
0+550.00	0	6,23	0	62,54	0	2833,46
0+560.00	0	6,27	0	62,46	0	2895,92
0+570.00	0	6,66	0	64,65	0	2960,57
0+580.00	0	6,29	0	64,77	0	3025,34
0+590.00	0	5,99	0	61,41	0	3086,75
0+600.00	0	5,94	0	59,68	0	3146,43
0+610.00	0	5,51	0	57,26	0	3203,7
0+620.00	0	5,1	0	53,06	0	3256,76
0+630.00	0	5,26	0	51,81	0	3308,57
0+640.00	0	5,5	0	53,81	0	3362,38
0+650.00	0	5,67	0	55,85	0	3418,23
0+660.00	0	6,35	0	60,09	0	3478,32
0+670.00	0	5,97	0	61,6	0	3539,92
0+680.00	0	4,64	0	53,02	0	3592,94
0+690.00	0	4,92	0	47,78	0	3640,72
0+700.00	0	5,28	0	50,99	0	3691,71
0+710.00	0	5,69	0	54,82	0	3746,53
0+720.00	0	6,12	0	59,04	0	3805,57
0+730.00	0	5,53	0	58,24	0	3863,81
0+740.00	0	4,29	0	49,1	0	3912,9
0+745.25	0	3,64	0	20,84	0	3933,75

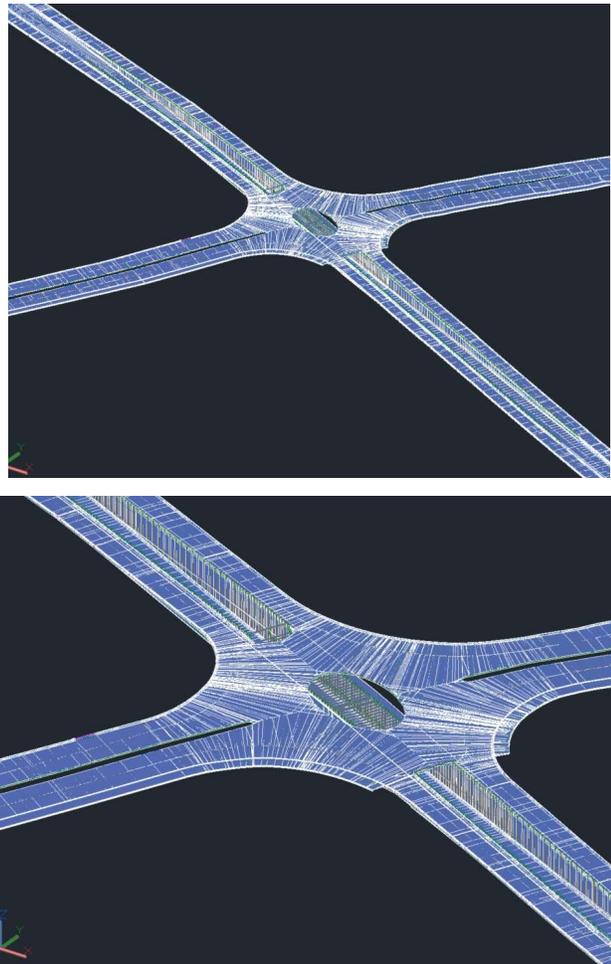
Fuente Elaboración Propia

Los planos completos, más el procedimiento de cálculo de cada alternativa se encontrarán plasmados en anexos. Sin embargo, en este punto se plasmará el modelado 3D mediante Civil 3D de cada alternativa planteada.

### **Alternativa 1 (Subterránea)**

**Figura 56**

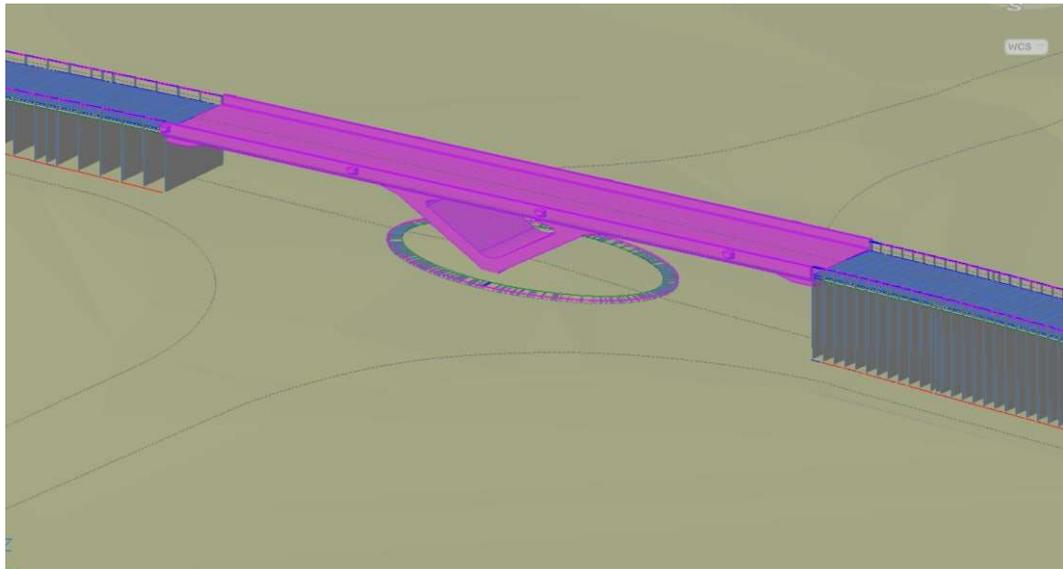
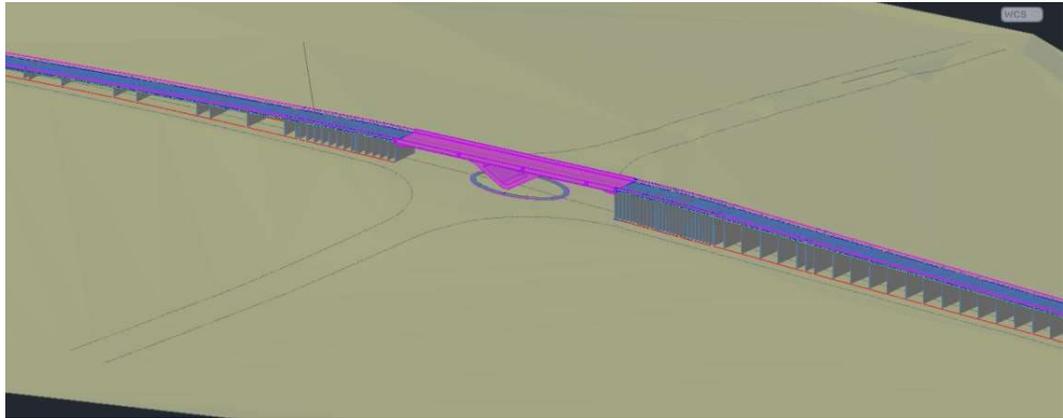
Modelado 3D alternativa 1



Fuente Elaboración Propia

### **Alternativa 2 (Elevada)**

**Figura 57**  
Modelado 3D alternativa 2



Fuente Elaboración Propia

### **3.6 Simulación**

Para la simulación de tránsito vehicular se llevo a cabo mediando el Software de simulación de tráfico PTV VISSIM 2022 versión estudiantes. El objetivo de este Software es ser un simulador de tránsito, con sus amplias posibilidades para realizar un análisis, se convirtió en una herramienta de gran ayuda al momento de realizar simulaciones, para validar alternativas de diseño geométrico, ya sea en carreteras o en zonas urbanas, es necesario mencionar que se pueden obtener resultados numéricos y una gran animación en 3D, representando diferentes escenarios.

Es así que en el presente proyecto se realizó la simulación con la situación actual de la rotonda, además de plantear las 2 alternativas de solución para brindar una mejor perspectiva para el diseño

#### **3.6.1 Datos de entrada**

El estudio de tráfico realizado, se desglosará en tipo de vehículos (liviano, mediando, pesado) además de su función (público y privado), es así que se volvió a realizar la depuración, datos lo cuales se encontraran plasmados en anexos, pero esta vez en función a estas divisiones que son necesarias para obtener el porcentaje de cada tipo de vehículos que circulará por cada acceso.

Una vez corregidos los volúmenes de tráfico vehicular, se procede a escoger la hora pico, al ser 4 accesos con diferentes volúmenes, dos de estos, tenían su hora máxima a las 10:00 am y eran las de mayor volumen, es debido a esto, que esta hora se tomará como tráfico promedio diario máximo los de esta hora.

**Tabla 57**

Volumen vehicular corregido acceso D

Horas	Promedio	Desv. Estandar	Rango		T.P.H	T.P.D. max.
			>=	<=		
05:00:00	146	55	>=91	<=201	146	1836
06:00:00	770	292	>=478	<=1062	770	
07:00:00	858	322	>=536	<=1180	858	
08:00:00	1836	649	>=1187	<=2485	1836	
09:00:00	1187	425	>=762	<=1612	1187	
10:00:00	1354	483	>=871	<=1837	1354	
11:00:00	1394	506	>=888	<=1900	1394	
12:00:00	1747	621	>=1126	<=2368	1747	
13:00:00	820	297	>=523	<=1117	820	
14:00:00	959	350	>=609	<=1309	959	
15:00:00	952	374	>=578	<=1326	952	
16:00:00	1150	429	>=721	<=1579	1150	
17:00:00	1148	428	>=720	<=1576	1148	
18:00:00	1078	401	>=677	<=1479	1078	
19:00:00	1597	673	>=924	<=2270	1715	
20:00:00	964	357	>=607	<=1321	964	
21:00:00	729	307	>=422	<=1036	783	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 58**

Porcentaje de flujo vehicular Acceso D

	Porcentaje vehiculos %					
	Liviano publico	Liviano priv.	Mediano pub.	Mediano priv.	Pesado pub.	Pesado priv.
Taxi	43,9					
Taxi trufi	20,7					
Camioneta		7,0				
Vagoneta		7,7				
Automovil		17,3				
Micro			3,3			
Flota					0,0	
Camion mediano						0,1
Camion 2 ejes						0,0
Camion remolque						0,0

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 59**

Volumen vehicular corregido acceso B

Horas	Promedio	Desv. Estandar	Rango		T.P.H	T.P.D. max.
			>=	<=		
05:00:00	169	65	>=104	<=234	169	1854
06:00:00	877	331	>=546	<=1208	877	
07:00:00	1270	477	>=793	<=1747	1270	
08:00:00	1854	662	>=1192	<=2516	1854	
09:00:00	1403	504	>=899	<=1907	1403	
10:00:00	1099	392	>=707	<=1491	1099	
11:00:00	1302	467	>=835	<=1769	1302	
12:00:00	1751	621	>=1130	<=2372	1751	
13:00:00	942	340	>=602	<=1282	942	
14:00:00	1430	544	>=886	<=1974	1430	
15:00:00	1219	461	>=758	<=1680	1219	
16:00:00	1195	462	>=733	<=1657	1195	
17:00:00	893	330	>=563	<=1223	893	
18:00:00	938	391	>=547	<=1329	938	
19:00:00	1501	642	>=859	<=2143	1610	
20:00:00	820	317	>=503	<=1137	820	
21:00:00	603	232	>=371	<=835	603	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 60**

Porcentaje de flujo vehicular Acceso B

	Porcentaje vehiculos %					
	Liviano publico	Liviano priv.	Mediano pub.	Mediano priv.	Pesado pub.	Pesado priv.
Taxi	47,8					
Taxi trufi	22,5					
Camioneta		5,8				
Vagoneta		6,3				
Automovil		14,2				
Micro			2,9			
Flota					0,0	
Camion mediano						0,4
Camion 2 ejes						0,2
Camion remolque						0,1

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 61**

Volumen vehicular corregido acceso A

Circunvalación - Froilán (A) →						
Horas	Promedio	Desv. Estanda	Rango		T.P.H	T.P.D. max.
			>=	<=		
05:00:00	234	84	>=150	<=318	234	1992
06:00:00	1106	423	>=683	<=1529	1106	
07:00:00	1466	538	>=928	<=2004	1466	
08:00:00	1992	705	>=1287	<=2697	1992	
09:00:00	1490	533	>=957	<=2023	1490	
10:00:00	1669	594	>=1075	<=2263	1669	
11:00:00	1547	559	>=988	<=2106	1547	
12:00:00	1941	687	>=1254	<=2628	1941	
13:00:00	981	352	>=629	<=1333	981	
14:00:00	1229	437	>=792	<=1666	1229	
15:00:00	1349	483	>=866	<=1832	1349	
16:00:00	1521	546	>=975	<=2067	1521	
17:00:00	1245	446	>=799	<=1691	1245	
18:00:00	1318	485	>=833	<=1803	1318	
19:00:00	1828	687	>=1141	<=2515	1828	
20:00:00	998	360	>=638	<=1358	998	
21:00:00	752	273	>=479	<=1025	752	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 62**

Porcentaje de flujo vehicular Acceso A

	Porcentaje vehiculos %					
	Liviano publico	Liviano priv.	Mediano pub.	Mediano priv.	Pesado pub.	Pesado priv.
Taxi	42,0					
Taxi trufi	19,8					
Camioneta		7,7				
Vagoneta		8,4				
Automovil		19,0				
Micro			0,4			
Flota					0,3	
Camion mediano						1,5
Camion 2 ejes						0,8
Camion remolque						0,3

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 63**

Volumen vehicular corregido acceso C

Circunvalación - Froilán (C) ←						
Horas	Promedio	Desv. Estanda	Rango		T.P.H	T.P.D. max.
			>=	<=		
05:00:00	148	53	>=95	<=201	148	1957
06:00:00	783	283	>=500	<=1066	783	
07:00:00	1222	446	>=776	<=1668	1222	
08:00:00	1957	693	>=1264	<=2650	1957	
09:00:00	1698	604	>=1094	<=2302	1698	
10:00:00	1391	498	>=893	<=1889	1391	
11:00:00	1661	595	>=1066	<=2256	1661	
12:00:00	1859	659	>=1200	<=2518	1859	
13:00:00	1008	365	>=643	<=1373	1008	
14:00:00	1561	562	>=999	<=2123	1561	
15:00:00	1494	541	>=953	<=2035	1494	
16:00:00	1362	498	>=864	<=1860	1362	
17:00:00	1117	408	>=709	<=1525	1117	
18:00:00	1282	475	>=807	<=1757	1282	
19:00:00	1637	669	>=968	<=2306	1771	
20:00:00	972	388	>=584	<=1360	1037	
21:00:00	716	328	>=388	<=1044	799	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 64**

Porcentaje de flujo vehicular Acceso C

	Porcentaje vehiculos %					
	Liviano publico	Liviano priv.	Mediano pub.	Mediano priv.	Pesado pub.	Pesado priv.
Taxi	39,6					
Taxi trufi	18,6					
Camioneta		8,7				
Vagoneta		9,5				
Automovil		21,3				
Micro			0,3			
Flota					0,2	
Camion mediano						1,2
Camion 2 ejes						0,6
Camion remolque						0,2

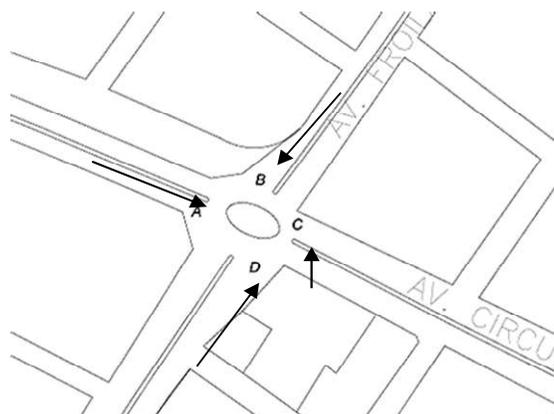
Fuente: Elaboración propia

Además del porcentaje de vehículos el software VISSIM necesita como dato de entrada el cálculo de semaforización, el cual fue realizado y se obtuvieron los siguientes resultados.

### Intersección Circunvalación - Froilán Tejerina

Volumen de la demanda vehicular y movimiento de giro

Sentido de circulación	Volumen veh/hr	Giros veh/hr		Frente	Vel. Km/h	Vel. m/s	Vel. prom.
		Der.	Izq.				
Capacidad Froilán - Circunvalación (D) ↑	1836	577	436	823	17,93	4,98	4,84
Capacidad Froilán - Circunvalación (B) ↓	1854	470	483	901	16,99	4,72	
Capacidad Circunvalación - Froilán (A) →	1992	480	436	1076	17,32	4,81	
Capacidad Circunvalación - Froilán (C) ←	1957	375	481	1101	17,43	4,84	



### Semaforización

Distancia de visibilidad de frenado D-B

$$D = \frac{V * t}{3,6} + \frac{V^2}{254 * (f \pm i)} \quad D = \frac{17,42 * 2,5}{3,6} + \frac{17,42^2}{254 * (0,4 + 0,044)} = 4 \text{ m}$$

Donde:

D= Distancia de visibilidad de frenado y la determinación con la relación

V = Velocidad circulación media

t = Tiempo de reacción y percepción que para tramos urbanos varia entre 2 - 2.5 seg.

f = Coef. de fricción de neumático calzada normalmente se toma un valor medio de 0.40

i = Pendiente longitudinal de la intersección en el sentido del acceso

V = Velocidad de circulación media

a = Ancho de la intersección

Tiempo en fase amarilla

$$Ta2 = \frac{D}{V} + \frac{a}{V} \quad Ta = \frac{4}{4,84} + \frac{8,2}{4,84} \quad 2 < 3 \text{ seg} \\ \text{para el menor volumen}$$

Distancia de visibilidad de frenado A-C

$$D = \frac{V * t}{3.6} + \frac{V^2}{254 * (f \pm i)} \quad D = \frac{35.75 * 2.5}{3.6} + \frac{35.75^2}{254 * (0.4 + 0.012)} \quad 4 \text{ m}$$

Tiempo en fase amarilla

$$Ta1 = \frac{D}{V} + \frac{a}{V} \quad Ta = \frac{4}{4,84} + \frac{7,6}{4,84} \quad 2 < 5 \text{ seg} \\ \text{para el menor volumen}$$

Separacion de intercección 50 m

Tiempo de ciclo

$$C = 7,2 * \frac{\text{Distancia}}{\text{Velocidad}} \quad 74 > 35 \quad \text{seg}$$

Tiempos de semaforo

$$C = TA + TB + 8 \quad 74 = TA + TB + 8$$

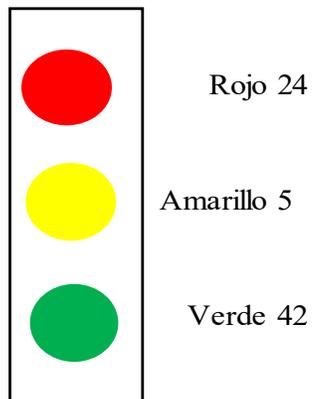
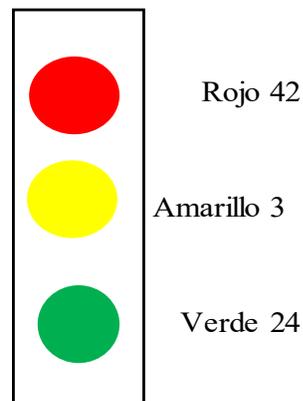
$$\frac{VA * ta}{VB * ta} = \frac{TA}{TB} \quad \frac{1992 * 5}{1854 * 3} = \frac{TA}{TB}$$

$$1) \text{ en } 2) \quad Tb = 0.56 * (66 - Tb)$$

Tb=	0,56	*Ta	1)	Tb=	24 seg
Ta=	66	-Tb	2)	Ta=	42 seg

**Figura 58**

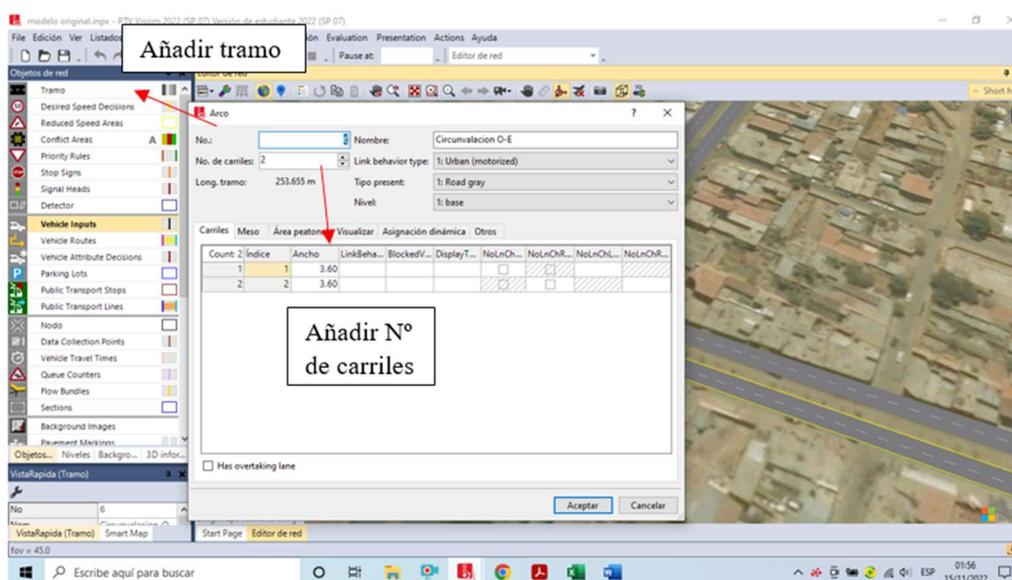
Tiempos de semaforización

**Semáforo Circunvalación****Semáforo Froilán Tejerina**

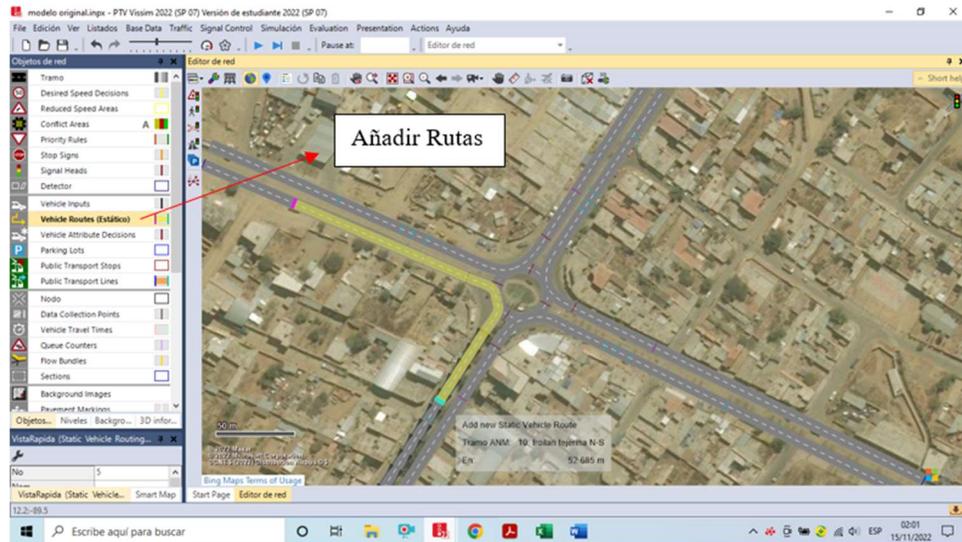
Fuente: Elaboración propia

### 3.6.2 Procedimiento

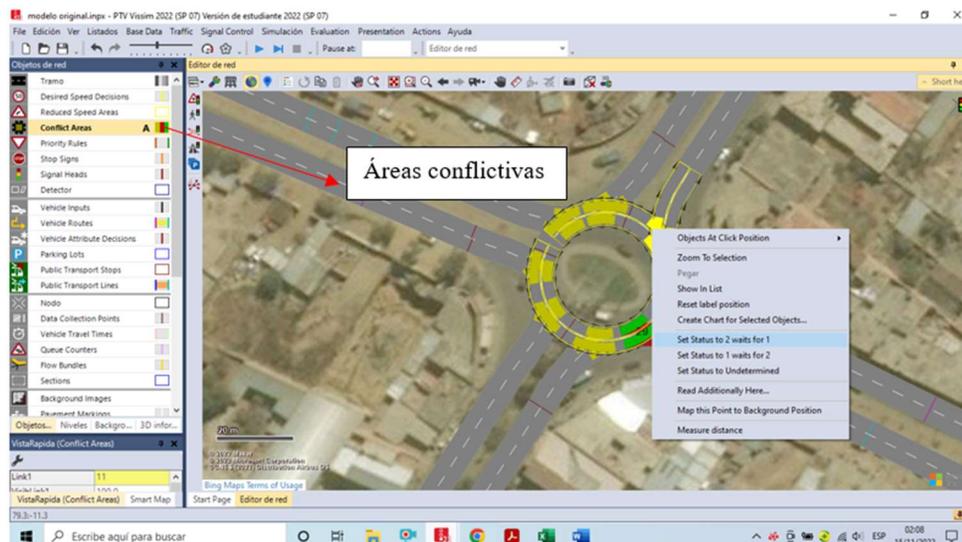
Para plantear esta situación es necesario realizar diseño actual de la rotonda la torre, añadiendo tramos con sus respectivos nombres, sus anchos de carril actuales, esto se realizará para cada acceso, incluyendo las alternativas de intersección a desnivel, cada una en su respectiva alternativa.



Luego se procede a añadir las posibles rutas de circulación de los vehículos, VISSIM al ser un software de simulación, este se encarga de distribuir los volúmenes de tráfico vehicular de manera aleatoria. Así que debido a este motivo es necesario realizar el trazado de sus posibles rutas de transitabilidad. Nuevamente es necesario realizar esto para cada acceso, identificando sus posibles giros y frentes.

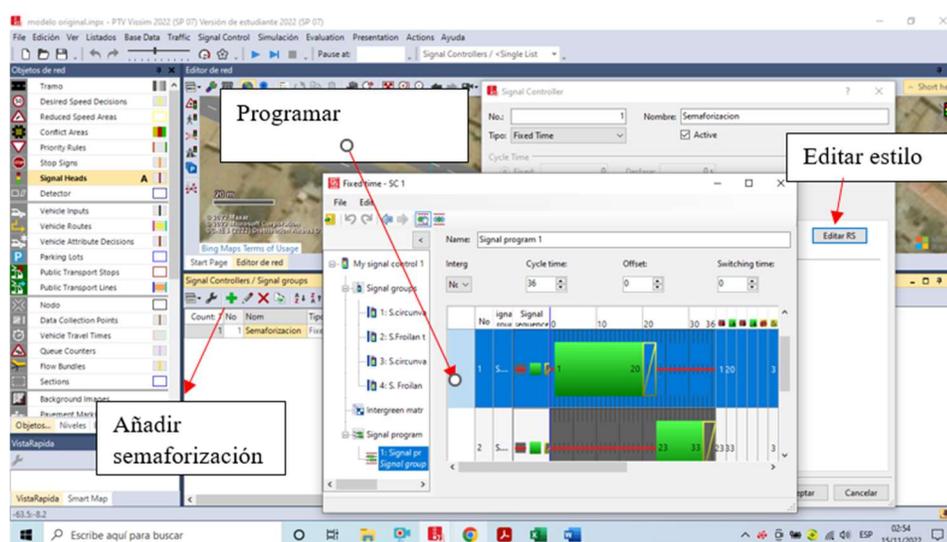


Además, es recomendable identificar las zonas conflictivas para, dar prioridad a los accesos y maniobras que lo necesiten

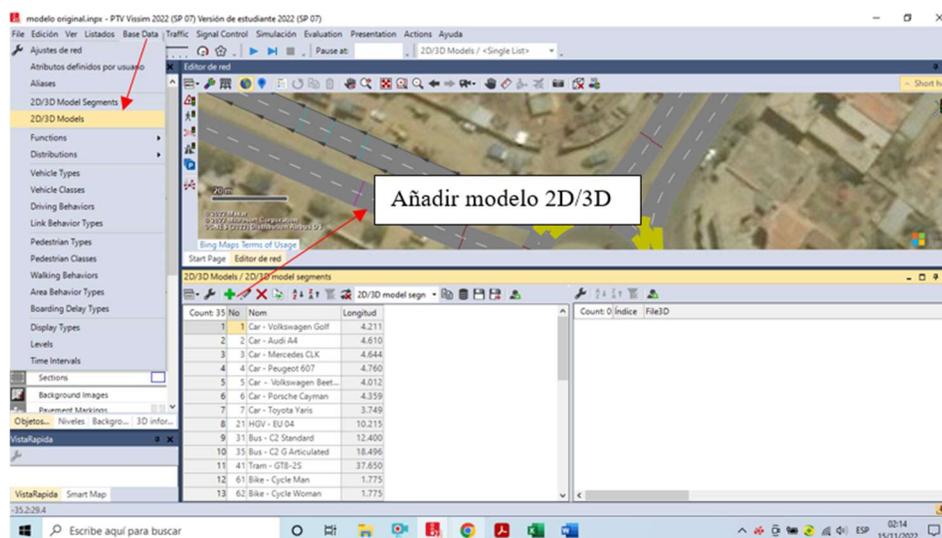


Identificadas las zonas conflictivas se procede a realizar la semaforización, para cada acceso, en las alternativas de intersección a desnivel no será necesario ya que estas están diseñadas para ser una vía de circulación rápida.

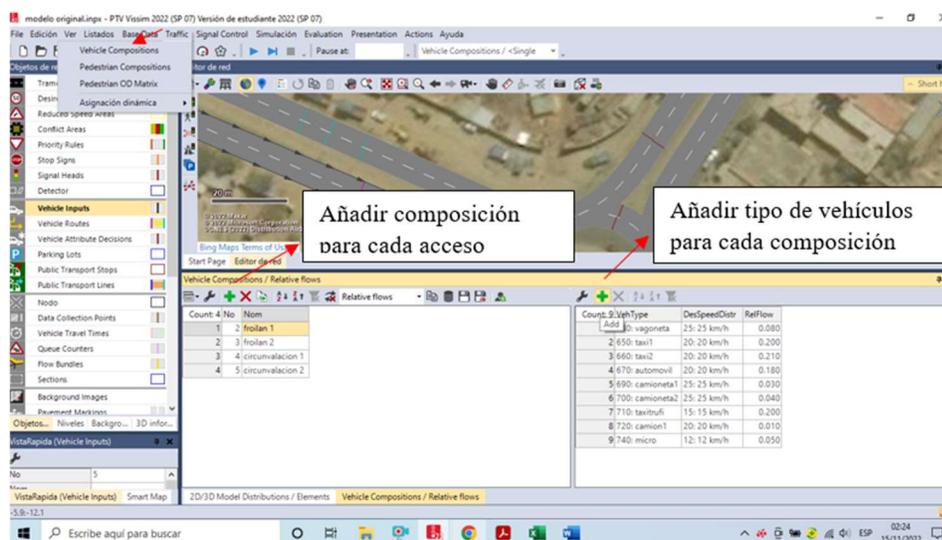
Se ingresa a señal de control; regla de semáforos; se creará una nueva semaforización, la cual debe ser editada, añadiendo el nombre de los accesos que contarán con semaforización, luego se irá a grupo de señales para empezar a cargar el tiempo de semaforización para cada acceso, cabe recalcar que estos tiempos de semáforo fueron previamente calculados con los estudios de tráfico realizados.



Una vez realizado la parte del diseño, ahora se procede a realizar el cargado de modelos de vehículos, esto se realizará de manera general y a criterio del diseñador, con un previo estudio de tráfico, para validar el tipo de vehículos que pasan por la intersección. El software VISSIM ya llega incorporando con modelos previos, sin embargo, si se desean incorporar más se puede ir a Data Base: 2D/3D y a añadir, se va a buscar a la carpeta de que llega en el programa y ahí se puede escoger el modelo que se desee, este ya llega con medidas de vehículos preestablecidas, las cuales puedes cambiarse de ser necesario.

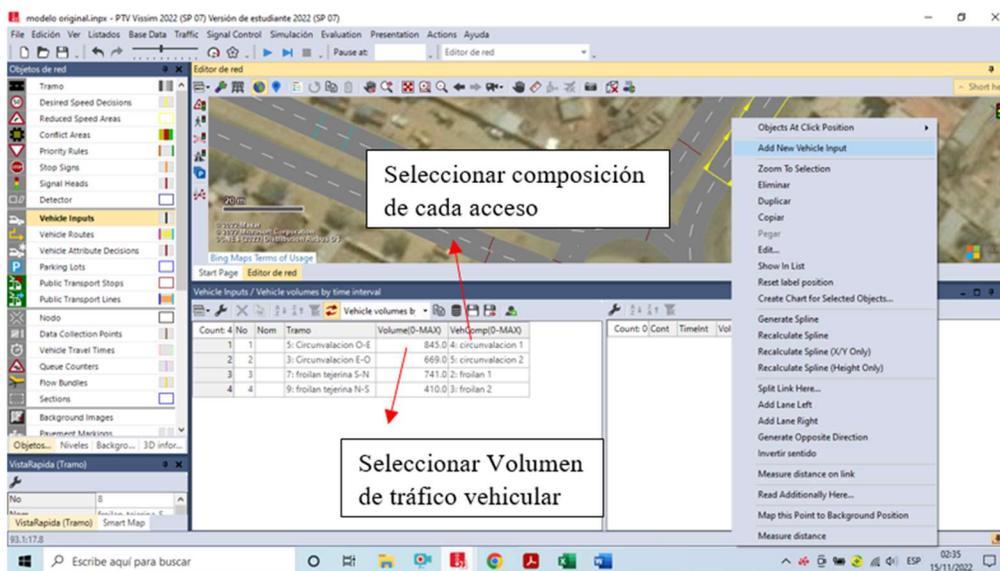


Una vez cargado cada tipo de vehículo se procede a realizar la distribución de vehículo por acceso, ingresando a tráfico: composición vehicular, es así que se añade una composición vehicular por cada acceso, nombrando a cada 1, y para cada composición en el cuadro del extremo derecho, se selecciona el tipo de vehículos que pasaran por ahí, su porcentaje por cada tipo, además de su velocidad de circulación. En esta simulación se crearon 4 tipos de composiciones vehiculares, cada 1 por cada acceso, en caso de las alternativas de intersección a desnivel estas contaras como otro acceso, que también debe crear su propia composición.



Finalmente, Cargada la composición vehicular por cada acceso, solo queda cargar esto a cada acceso, apretando clic derecho en el acceso, y luego añadir nueva entrada de

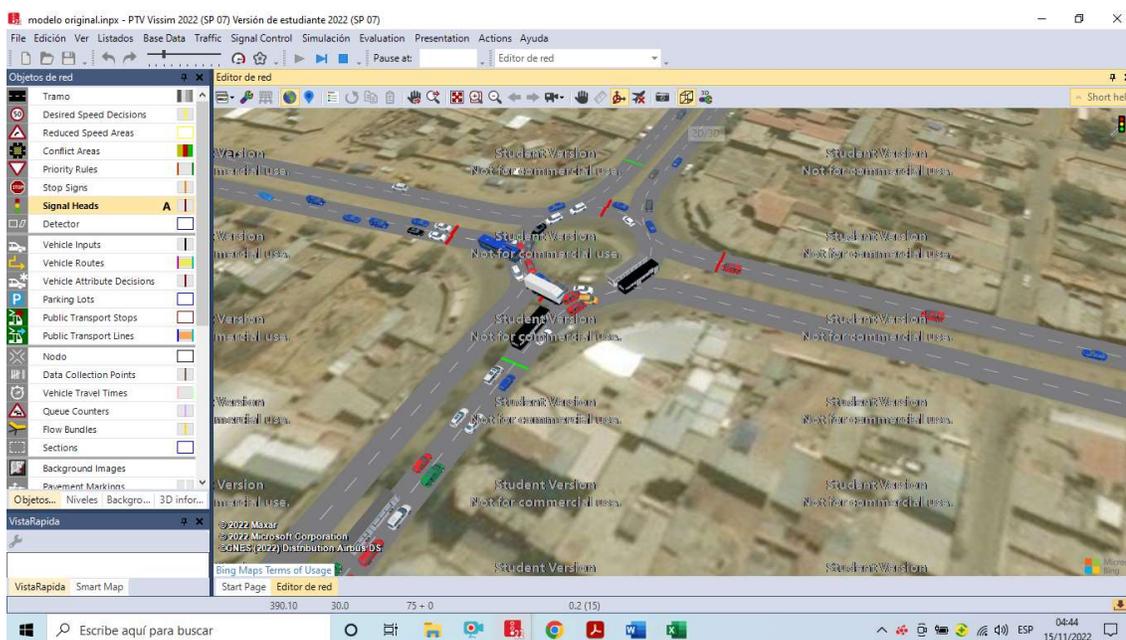
vehículo, en este punto se seleccionará la composición que se creó para cada acceso, además de cuanto será su volumen de tráfico vehicular, el cual será elegido mediante un estudio de tráfico previamente realizado.



### 3.6.3 Resultados

Figura 59

Simulación de tráfico de la intersección actual

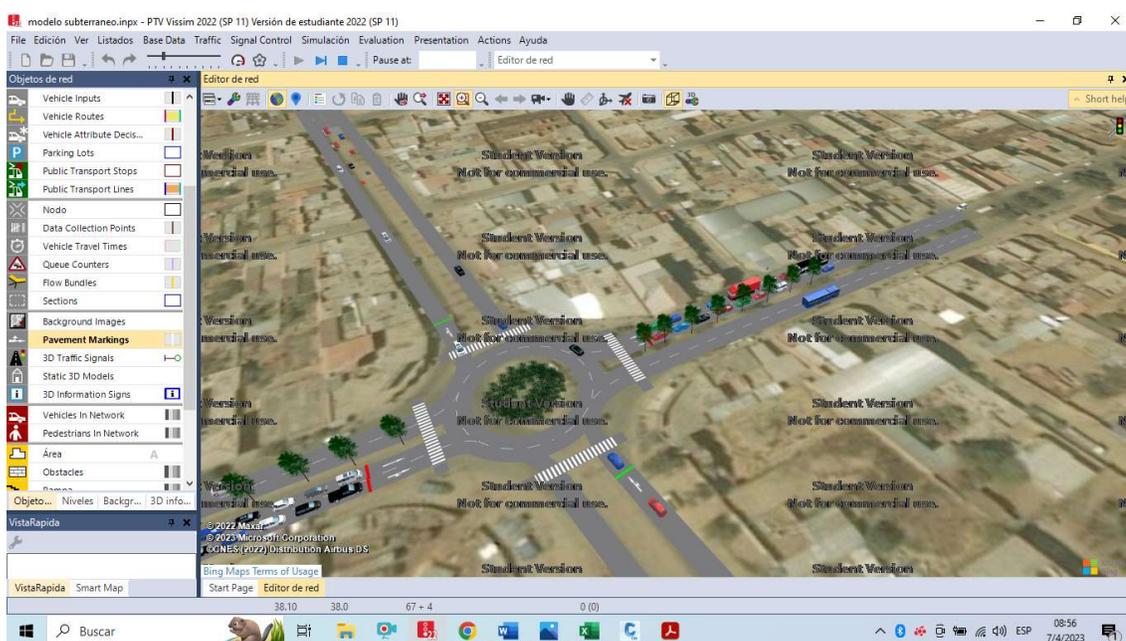


Fuente: Elaboración propia

En la figura 59 se puede observar a la intersección entre las avenidas Circunvalación-Froilán Tejerina en condiciones actuales, donde se nota el congestionamiento Vehicular que se produce en la rotonda, además que genera demoras en los diferentes accesos, es importante mencionar que el Tráfico pesado es en parte el causante de este congestionamiento. Comprobando de esta manera el bajo nivel de servicio con el que trabaja.

**Figura 60**

Simulación de tráfico de la intersección a desnivel alternativa 1

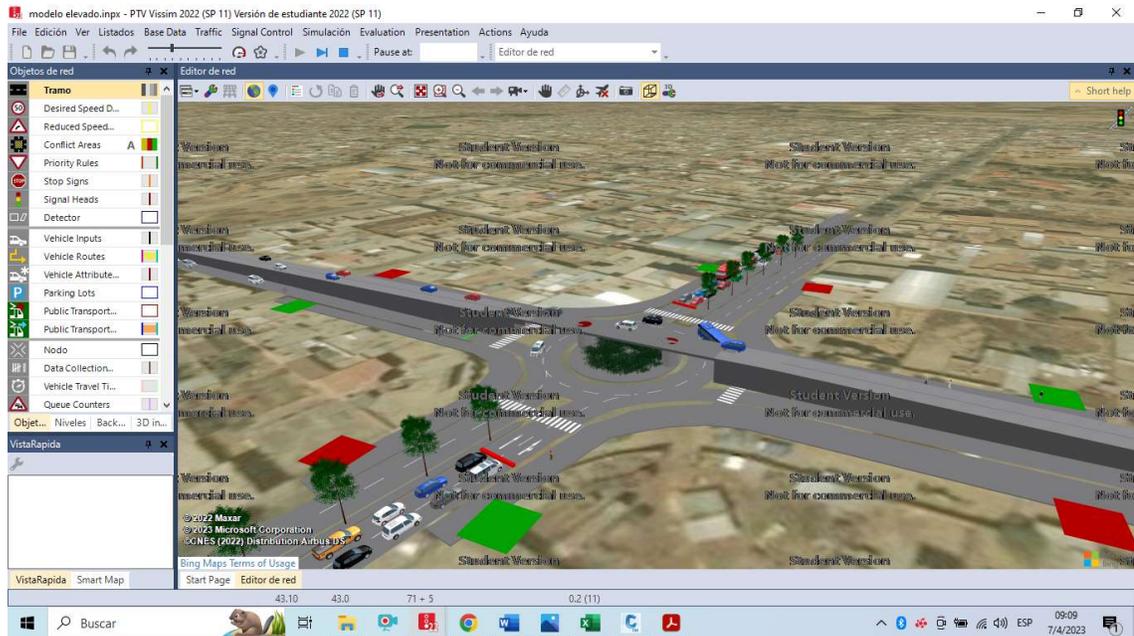


Fuente: Elaboración propia

En el caso de la figura 60 se puede observar que el volumen de tráfico vehicular sobre la Av. Circunvalación es mínimo, debido a que este en su gran mayoría se dirige sobre la intersección a desnivel (subterránea) la cual mediante la simulación llega a ser visible. Esto colabora de gran manera a la intersección a que no se produzca el mismo congestionamiento vehicular que el actual.

**Figura 61**

Simulación de tráfico de la intersección a desnivel alternativa 2



En la segunda alternativa se puede apreciar la intersección a desnivel de manera elevada, que de igual manera brinda solución, problema de congestionamiento vehicular en la rotonda y sus accesos, se puede observar que de igual manera la rotonda seguirá cumpliendo su función, sin embargo, será realizado por los vehículos que requieran realizar los giros.

### 3.7 Análisis de resultados

Una vez llevado a cabo el estudio de tráfico, el diseño geométrico y la simulación de tráfico de cada alternativa, se demuestra la viabilidad de ambas, sin embargo, el presente proyecto de grado tiene como base el brindar las posibilidades de que se opte por alguna de estas alternativas en función al criterio de la funcionalidad, diseño y tráfico.

**Tabla 65**

Ventajas y desventajas Alternativa 1

Intersección a desnivel subterráneo (Alternativas 1)	
ventajas	Desventajas
El objetivo de esta alternativa es convertirse en una vía de circulación rápida capaz de mejorar el nivel de servicio y su capacidad vehicular actual.	No existirá un tramo para circulación peatonal en las calles paralelas a la Av. Froilán Tejerina, sobre la Av. Circunvalación, debido a que esta intersección a desnivel interna será abierto en la superficie para cumplir los 5m de altura de galibo. Sin embargo se encontrará cubierto en la rotonda de la intersección, manteniendo el paso peatonal actual para su circulación.
Debido a la pendiente natural de la zona en la Av. Circunvalación, el emplazamiento de esta alternativa logró tener menor pendiente con 4.7% que la alternativa 2 de 5%, Siendo mas favorable para la circulación de tráfico pesado.	
La longitud de esta alternativa es de Aprox. 500 m a comparación de la alternativa 2 con Aprox.590 m, siendo de menor longitud para su emplazamiento.	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 66**

## Ventajas y desventajas Alternativa 2

Intersección a desnivel Elevado (Alternativas 2)	
ventajas	Desventajas
Al no compartir la vía de circulación con la Av. Froilán Tejerina permite la continuidad en el flujo vehicular, mejorando su situación actual.	Esta alternativa se encuentra emplazada con su pendiente máxima de 5%. Si bien cumple con el criterio de diseño de pendientes máximas para transporte pesado, esta es menos favorable para su circulación que la alternativa 1, ya que se encuentra en el límite.
Al ser una vía de acceso rápido permitirá a los vehículos que transiten por las intersección a desnivel aumentar su velocidad de los 17 km/h actuales hasta los 40 km/h estimados por el reglamento de tránsito.	Para cumplir con los criterios de diseño geométrico, de altura de galibo de 5m en la rotonda y pendiente máxima de 5%, esta alternativa tuvo que diseñarse con un tramo mayor que la alternativa 1, por casi 100m llegando a tener un longitud de intersección de aprox. 590 m.
	El diseño de esta alternativa, al ser una obra de gran envergadura emplazada en el medio de la Av. Circunvalación, se vuelve pesado a la vista, siendo menos estético visulamente que la alternativa subterránea, ya que esta se encuentra bajo la superficie y no afecta la estética actual de la zona.

Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

Una vez realizado el diseño geométrico de cada alternativa planteada, se llega a una serie de conclusiones y recomendaciones, para el mejoramiento del tráfico vehicular en la intersección Av. Circunvalación-Froilán Tejerina (Rotonda la torre).

- La información recopilada fue adquirida en su mayoría del “Manual geométrico de diseño de carreteras: Diseño geométrico DG-2018”, obteniendo como datos básicos de diseño; una pendiente máxima de 5%, una altura de galibo de 5m mínimo, y un ancho de calzada mínimo de 7.6m para la intersección a desnivel y 3.6m para los accesos externos, al poder cumplir con los requisitos mencionados se procedió con la realización de la propuesta.
  - El levantamiento topográfico fue obtenido mediante el uso del equipo RTK, tomando puntos de  $\pm 500\text{m}$  sobre la avenida circunvalación y  $\pm 150\text{m}$  sobre la avenida Froilán Tejerina, desde la rotonda de la Torre. Obteniendo como datos importantes: el punto más alto de 1949 msnm en la calle tomayapo. Paralela a la circunvalación, en el inicio de la intersección con 1936 msnm, en la rotonda con 1935 msnm y al finalizar la intersección con 1927msnm aprox. Al finalizar la intersección.
  - En base a el aforo vehicular que se realizó sobre cada acceso a la intersección, se logró obtener una información clara sobre el flujo vehicular que circula en esta intersección. Donde cabe destacar que la Av. Circunvalación es que cuenta con mayor volumen de tráfico vehicular con 1992 veh/h, es debido a este motivo que las 2 alternativas fueron planteadas sobre esta Avenida. Además, se demostró que la mayor cantidad de vehículos que circulan son de tráfico liviano que su gran mayoría de estos transitan en dirección frontal.
- Una vez realizado el estudio de tráfico se obtuvo su capacidad de cada intersección, siendo la menor de 1067 veh/h en base al método HCM, y un nivel de servicio donde se logró comprobar que esta intersección pertenecía a

un Nivel de servicio **F**, obtenido mediante el método INVIAS. Siendo este el más bajo, demostrando que es un nivel de tráfico congestionado. Al ser esta la situación actual de esta intersección es que se puede validar la propuesta de diseño geométrico de una intersección a desnivel ya que estas son diseñadas para aumentar la capacidad o el nivel de servicio de las intersecciones.

Además, es necesario mencionar que las velocidades actuales de cada intersección rodean entre 17 km/h., y con la intersección a desnivel se estima que estas mejoren hasta los 40 km/h que es lo estimado para avenidas en vías urbanas según el artículo 113°.- velocidades máximas en radio urbano según el reglamento del código nacional de tránsito.

- La semaforización actual de intersección cuenta con tiempos de circulación mayores de T rojo=20s; T amarillo= 3s; T verde= 25s y los calculados para la intersección se obtuvo T rojo=24 s; T amarillo= 5 s; T verde= 42 s, esto se debe al volumen de tráfico vehicular será menor.
- Una vez recopilada la información necesaria para poder establecer los criterios para el diseño geométrico, con una superficie obtenida mediante el levantamiento topográfico y gracias a los estudios de tráfico que permitieron determinar la zona de mayor conflicto vehicular para poder emplazar la intersección a desnivel, es que se procedió a realizar su diseño.

En ambas alternativas se contó con los parámetros básicos de diseño como ser una velocidad de proyecto de 40 km/h, pendientes máximas de 5% en las intersecciones a desnivel debido al paso de tránsito pesado, un ancho de calzada de 7,2 m en el desnivel y en los carriles unidireccionales externos de 5 m. con un ancho de berma de 0,3m, con pendientes mínimas de 0,2% debido a que pertenece a una zona urbana que no cuenta con cunetas o bermas, además de que cumple con su pendiente transversal de bombeo del 2%. Como requiere el Manual además de una altura de galibo en la rotonda de 5m.

- Se realizó la elaboración de planos de manera detallada, desde su alineamiento horizontal, alineamiento vertical y sus secciones transversales para las 2 alternativas, además de un corte longitudinal y transversal de cada alternativa con sus respectivas señalizaciones horizontales y verticales. Además de un

previo estudio hidrológico de la zona de estudio, se elaboraron planos de las obras de drenaje de alcantarillado pluvial, sabiendo que el actual emplazamiento de alcantarillado sanitario (planos brindados por COSAALT) no se vería perjudicada por diseño de la propuesta.

- Se Llevó a cabo la ejecución de simulación de tráfico Vehicular mediante el Software VISSIM (versiones estudiantes). En primer lugar, se realizó la intersección actual sin cambios, respetando su semaforización real, para demostrar su actual situación de congestiónamiento vehicular en el que se encuentra. Posteriormente se llevó a cabo la realización de las 2 alternativas, para así comparar e identificar los cambios generando mediante las 2 propuestas plasmadas de intersección a desnivel en el diseño geométrico, ya que se diseñaron con estos anchos de carril de 7.2m para las intersecciones a desnivel, y de 5m para los carriles externos, con una altura de galibo de 5m de altura, en la rotonda y los volúmenes de tráfico vehicular para cada acceso, obtenidos de su estudio pertinente siendo para Acceso (D)= 1836 veh/h, Acceso (B)=1854 Veh/h, y en el caso del Acceso (A)=1992 veh/h y Acceso (C)=1957 veh/h. estos volúmenes fueron distribuidos porcentualmente en función a tipo de transporte, entre los carriles externos y entre la intersección a desnivel interna emplazada sobre la av. Circunvalación.

De esta manera se demostró que ambas alternativas cumplen con la función de descongestionar el tráfico vehicular actual en el que se encuentra la intersección de las avenidas Circunvalación-Froilán Tejería (Rotonda la torre).

- Observando el análisis de resultados obtenidos, al realizar una comparación de ambas alternativas, se puede observar que ambas cumplen con la necesidad de mejorar la capacidad y nivel de servicio de la intersección entre las avenidas Circunvalación y Froilán Tejerina, sin embargo, en base a los criterios de funcionalidad, diseño y tráfico, se puede observar que la primera alternativa es la que cuenta con mayores beneficios. Sin embargo, dependerá del criterio del investigador, seleccionar alguna alternativa.

## 4.2 Recomendaciones

Al momento de optar por realizar un diseño de una intersección a desnivel, se recomienda buscar previamente la información bibliográfica necesaria, para así evitar inconvenientes al momento de realizarlo, verificando los criterios básicos de diseño geométrico de pendientes máximas verticales, anchos de calzadas y la longitud de tramos.

Se recomienda que para la utilización del software VISSIM se debe tener en cuenta que al ser una versión para estudiantes este se encuentra limitado en las siguientes características; Tamaño de red de 1 km x 1 km solo se pueden ejecutar simulaciones de hasta 10 min, se pueden colocar un máximo de 30 personas por ingreso.

Se recomienda el levantamiento topográfico con el equipo RTK debido a su facilidad para la obtención de sus puntos además que cuenta con una precisión de hasta 2 u 3 cm. En el caso de la estación total tiene una precisión milimétrica en distancias cortas de hasta 5km máximos, sin embargo, esto dependerá del criterio y al error humano para maniobrar el equipo, lo cual puede reducir su precisión.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Agudelo Ospina, J. J. (2002). Diseño Geometrico de Vias.

Arias Granados, R. M. (s.f.). 1library.co. <https://1library.co/article/vissim-conceptos-de-la-simulaci%C3%B3n-del-tr%C3%A1nsito.qoge2x0z>

Cardenas Grisales, J. (2013). Diseño geométrico de carreteras. Bogotá.

Carreteras, A. B. (2007). Manual de Diseño Geometrico de Carreteras.

carreteras, M. t. (2004). Manual de dispositivos de control de tránsito.

Chávez Loaiza, V. (2005). MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS URBANAS -2005-VCHI. Lima.

Direccion general de caminos y ferrocarriles. (2018). Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018. Perú.

Fuentes Lopez, L. A. (2013). “DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE INTERCAMBIO VIAL.

Garber, N. j. (2004). Ingenieria de tránsito y carreteras. thomson Editors.

Instituto nacional de vias. (2021). MANUAL PARA EL DISEÑO,CONSTRUCCION, OPERACION Y MANTENIMIENTO DE TUNELES DE CARRETERAS PARA COLOMBIA.

Orgaz Fernandez, I. J. (s.f.). Proyecto de ingeniería de tráfico.

Uribe Celiz, S. L. (2006). Manual de Diseño Geométrico para Vías e Intersecciones Urbanas.