

CAPÍTULO I
CONSIDERACIONES GENERALES

CAPÍTULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

Al ser la consistencia la relación entre el comportamiento de la vía y lo que el conductor espera de la misma, un alto grado de consistencia implica que la vía se ajusta mucho a las expectativas del conductor, por lo que no se generaran sorpresas. En cambio, una mala consistencia implica que el comportamiento que permite la vía es muy diferente a dichas expectativas, generando sorpresas en el conductor y presentando por tanto un mayor riesgo potencial de aparición de accidentes.

Al mencionar la velocidad en vías de doble calzada, nos referimos netamente a la seguridad vial que no solo constituye una preocupación en el ámbito nacional sino a nivel mundial en estos últimos tiempos la información ha sido muy relevante debido a que es una epidemia mortal, lesiones causadas y pérdidas económicas. Ocupa una de las primeras causas de muerte en todos los momentos de la vida de las personas, aún no se puede asegurar que esta situación sea controlada.

El crecimiento poblacional y el incremento del parque automotor es muy grande y causa del congestionamiento, por las características y condiciones de la circulación vehicular en la ciudad, cada vez son mayores y se produce en diversos lugares, con sus secuelas negativas de contaminación, pérdida de tiempo, inseguridad y pérdida de calidad de vida.

Las zonas de riesgo se logran identificar por medio de un análisis de la consistencia mediante el criterio de Lamm I y II, el cual sirve para determinar la condición en la que se encuentra actualmente la vía de doble calzada. Para este análisis solo se necesita la velocidad de operación (V_{85}) de vehículos livianos, medianos, pesados cuyos datos obtenidos son de campo.

En consecuencia, el 85% de los usuarios circula a la velocidad percentil V_{85} o menos y un 15% de los usuarios supera dicha velocidad estos porcentajes se determinarán con el diseño de la consistencia. Esta velocidad debe ser evaluada y no esperar los percances viales.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Al mencionar el termino velocidad en vías de doble calzada, nos referimos exclusivamente a la falta de la seguridad vial esta puede ligarse a problemas de consistencia en el diseño geométrico. La consistencia en el diseño implica que la geometría de una vía o su diseño no vulneran las expectativas del conductor (sobre la vía de doble calzada) o la habilidad del conductor para guiar y controlar su vehículo de manera segura.

Este proyecto, tiene como finalidad de realizar una comparación de velocidad de operación (V_{85}) vs velocidad de diseño (V_d) en vías de doble calzada mediante el criterio de Lamm, donde se ratificará si el diseño es consistente (buena, mala y regular) y apto para todo conductor de vehículos a lo largo del trayecto que va a recorrer. A través de la velocidad de operación y características geométricas se comprobará si la Avenida Circunvalación cumple con el propósito para el cual fue diseñada soportando la carga de tráfico que pasa sobre la misma.

La velocidad en vías de doble calzada, es una problemática constante de observar principalmente debido al crecimiento poblacional, el incremento del parque automotor, estacionamiento en carriles ocasionando el congestionamiento en horas de mayor demanda, esto en si tiene muchas consecuencias como ser: los problemas de congestionamiento, circulación en el entorno y altos riesgos de accidentes.

Esto es un problema a nivel mundial donde la mayor parte de muertes ocurridas es a causa de la velocidad recorrida, en vías de doble calzada ya que estas vías implican peligro.

La consistencia del diseño geométrico según la velocidad está íntimamente ligada con el diseño y la velocidad de operación, sabemos perfectamente que cuando se diseña una vía se efectúa con todos los parámetros adecuados tanto de diseño, como de funcionalidad, y especificaciones técnicas. El crecimiento económico de la ciudad de Tarija trae consigo un aumento en lo que a transporte se refiere (por movilización de personas y de carga) hacen necesarias la aplicación de metodologías que evalúen el estado de la consistencia en la que se encontraría actualmente la Av. Circunvalación.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 Situación problemática

Según el informe para la seguridad vial con el objetivo de alertar de los peligros del exceso de velocidad y explicar las medidas que se deben aplicar para combatir el riesgo importante de muertes y traumatismo como consecuencia de los accidentes de tránsito. El exceso de velocidad es la causa de cerca de un tercio de todos los accidentes mortales en los países de ingreso medios y bajos según la OMS (Organización Mundial de la Salud).

La consistencia de una vía de doble calzada, así como el diseño geométrico, caracterización y disposición maniobrable es vital para todas las personas que son beneficiadas por la misma. Una problemática que se tiene es que a veces su diseño geométrico no presenta las expectativas suficientes para el lugar y por tal se tiene dificultades tanto al momento de maniobrar y transitar por la vía.

Uno de los problemas más grandes de la ciudad de Tarija es la asfixiante y desastrosa circulación vehicular. El congestionamiento que presenta en sus diversos puntos de la vía es cada vez mayor, conseguidos en las horas picos cuyas situaciones y niveles son superiores a los aceptables.

Nos vemos relacionados directamente con este parámetro de velocidad desde el comienzo de los tiempos, a veces los conductores de los vehículos con el pasar de los tiempos pierden la sensibilidad para maniobrar por causa de enfermedades de base que puedan presentar como ser pérdida de la vista, dolor de cabeza, problemas del corazón, traumas de origen múltiple, etc.

El diseño geométrico de la consistencia y la velocidad en vías de doble calzada, es una problemática que actualmente afecta a la población ya que la Avenida Circunvalación es una de las primeras de las vías de doble calzada que se realizó en nuestra ciudad de Tarija además el avance de la tecnología es impresionante. Porque los autos fabricados ya no son iguales a los de años antes, sino que son más potentes y aptos para recorrer todo tipo de terreno sin importar las circunstancias.

Esta situación difícil y caótica circulación, se presenta en casi todos los tramos esta ira

empeorando, cada vez será más lenta y menos segura creando problemas de congestión.

Lo que se busca generalmente es dar una solución inmediata a esta situación realizando una evaluación de consistencia, aplicando el método de Lamm. Sabemos que la consistencia del diseño geométrico cuando se empieza a maniobrar es que el conductor tiene una sensación continua durante el trazado esto implica de forma favorable que existe una armonía entre la vía, el conductor, el peatón porque durante el trayecto que recorre esta vía de manera constante.

1.3.2 Problema

Sera que a través de la evaluación de la consistencia podamos establecer el comportamiento de la circulación, en vías de doble calzada tomando como parámetro la velocidad?

1.4 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la consistencia del diseño vehicular en vías de doble calzada según la velocidad de operación (V_{85}) de la Avenida Circunvalación, según el criterio de Lamm I y II en los tramos:

Av. La Paz - Av. Sgto. Froilán Tejerina

Av. Srgto. Froilán Tejerina – Av. La Paz

1.4.1 Objetivos específicos

- Revisar la suficiente bibliografía, existente para la evaluación de la consistencia del diseño según la velocidad en vías de doble calzada.
- Realizar el aforo vehicular para establecer las horas picos de la Av. La Paz – Av. Sgto. Froilán Tejerina.
- Determinar las velocidades de operación (V_{85}) críticas en ambos sentidos de la vía de doble calzada a flujo libre sabiendo que la normativa de tránsito especifica que la velocidad en áreas urbanas es de 20 km/h.
- Obtener las características geométricas de la vía de doble calzada mediante datos planimétricos y altimétricos con una topografía del tramo Av. La Paz – Av. Sgto

Froilán Tejerina.

- Analizar la velocidad de diseño (V_d) y velocidad de operación (V_{85}) de la Av. Circunvalación en los tramos Av. La Paz – Av. Sgto. Froilán Tejerina aplicando el criterio de consistencia según Lamm I y II.

1.5 HIPÓTESIS

Evaluando la consistencia del diseño geométrico comprendido del tramo Av. Sgto. Froilán Tejerina – Av. La Paz con el criterio de Lamm I y II se podrá categorizar la consistencia vehicular y determinar la influencia que tiene el diseño geométrico en la velocidad de operación de tal manera se podrá realizar acciones factibles a la funcionalidad vehicular y seguridad, que ayuden a reducir accidentes y mejorar la calidad de la vía de doble calzada.

1.6 VARIABLES

1.6.1 Definición de variables

Las variables que se identifican son las siguientes:

- a.) **Dependiente:** Velocidad de operación (V_{op}).
- b.) **Independiente:** Consistencia del diseño geométrico en vías de doble calzada.

1.6.2 Operacionalización de variables

Tabla 1 Variables dependientes e independientes

Variables		Definición	Medición	Unidad
Dependiente	Velocidad del percentil V85% (Velocidad de operación V_{op})	Es aquella velocidad no superada por el 85% de los usuarios en un tramo de características homogéneas, bajo las condiciones de tránsito prevalecientes, estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de este con otras vías y con la propiedad adyacente.	Esta velocidad de operación se medirá en 30 puntos en total de ambos sentidos de la vía con la ayuda de un cronometro y flexómetro.	Km/h

Independiente	Velocidad de diseño (Vd)	Es la velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y comodidad elementos que solo podrán ser empleados en la medida que estén precedidos por otros (en ambos sentidos del tránsito).	Esta velocidad se obtendrá como dato.	Km/h
	Alineamiento vertical	Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida.	Se obtendrá de acuerdo a requerimientos de la topografía y se medirá con un instrumento topográfico.	m
	Alineamiento horizontal	Se define como arcos de circunferencia de un solo radio que son utilizados para unir dos tangentes de un alineamiento.	Se obtendrá de acuerdo a requerimientos de la topografía y se medirá con un instrumento topográfico.	m

Fuente: Elaboración propia

1.7 DISEÑO METODOLÓGICO

1.7.1 Unidades de estudio

1.7.1.1 Unidad

La unidad de estudio es la consistencia del diseño geométrico de la vía de doble calzada comprendido entre los tramos de la Av. Sgto. Froilán Tejerina – Av. La Paz y Av. La Paz - Av. Sgto. Froilán Tejerina pertenecientes a la avenida Circunvalación.

1.7.1.2 Población

La población de estudio está comprendida de los siguientes factores:

- Consistencia
- Vehículo
- Influencia del ser humano

1.7.1.3 Muestra

La muestra de estudio de la consistencia del diseño geométrico de la Avenida Circunvalación dentro de los límites de la Av. Sgto. Froilán Tejerina – Av. La Paz y Av. La Paz - Av. Sgto. Froilán Tejerina.

1.7.1.4 Muestreo

Primeramente, se procederá a obtener datos del diseño geométrico de la vía de doble calzada, como el alineamiento vertical (curvas verticales), alineamiento horizontal (curvas horizontales), ancho de carril, longitud total, medianas correspondientes a la Avenida Circunvalación. De igual manera se hará aforos de velocidades de operación estas son velocidades a flujo libre y se hará para un total de 30 puntos entre ambos sentidos.

1.8 MÉTODOS Y TECNICAS EMPLEADAS

1.8.1 Selección de métodos y técnicas

La realización del aforo manual es para medir la velocidad de operación (V_{85}) a la cual circulan los vehículos de la vía de doble calzada de la Av. Circunvalación, el equipo usado es un cronómetro manual incluso hojas de papel dependiendo de la duración del aforo y la cantidad de información a ser obtenida por el estudiante.

1.8.2 Descripción de equipos e instrumentos

- **Cinta métrica**

Las cintas métricas también conocidos como flexómetro o huinchas de medir, son instrumentos de medición, que cuentan con unas líneas marcadas longitudinalmente donde se pueden observar las unidades de medidas y sus divisiones. Podemos considerarla herramientas manuales de uso independiente ya

que se necesitan en todo momento, para diversas actividades. Su función es de medir la distancia para las velocidades mediante el aforo.

Figura 1 Cinta métrica



Fuente: Elaboración propia

- **Cronómetro**

Un cronómetro es un reloj de precisión que se emplea para medir fracciones de tiempo muy pequeñas. Su función es medir el tiempo, pero con una precisión mayor que la del reloj, se usara para medir el tiempo que tarda en recorrer un vehículo en una determina distancia.

Figura 2 Cronómetro



Fuente: Elaboración propia

- **GPS SOUTH Galaxy G1**

Es un receptor de multi frecuencia el cual permite conectarse a las constelaciones GPS, GLONASS, SBAS, COMPASS (GNSS), GALILEO para obtener precisión

milimétrica en levantamientos topográficos, hidrográficos y replanteo, tanto en coordenadas como elevación, así como posibilidad de recibir datos de corrección a través de una tarjeta SIM de celular, lo bueno de trabajar es que a mayor cantidad de satélites el equipo triangula mejor trabaja con datos móviles de los celulares, conexión wifi. Se empleará para obtener las características geométricas de la vía de doble calzada ya que su medición es en tiempo real.

Figura 3 GPS SOUTH Galaxy G1



Fuente: Elaboración propia

- **AutoCAD Civil 3D**

El AutoCAD Civil 3D es un potente software para computadora que sirve para el cálculo y diseño de infraestructuras diversas, principalmente relacionada con el movimiento de tierras, topografía, replanteo de información además se usa para realizar el replanteo de la vía de doble calzada.

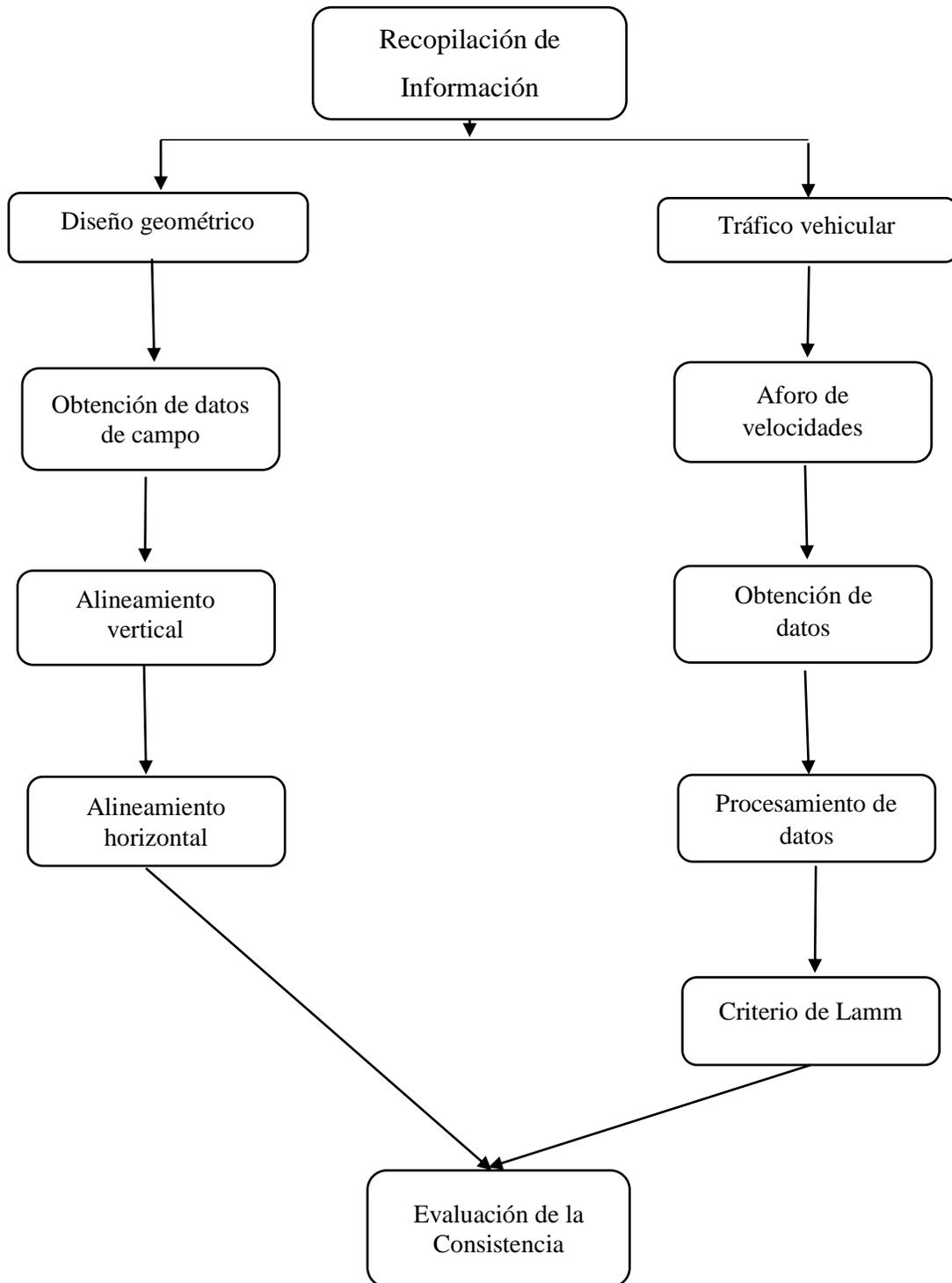
Figura 4 AutoCAD Civil 3D



Fuente: Elaboración propia

1.8.3 Procedimiento de aplicación

Tabla 2 Procedimiento de aplicación



Fuente: Elaboración Propia

1.9 ALCANCE

Evaluar la consistencia del diseño geométrico de la Av. Circunvalación en los tramos Av. Sgto. Froilán Tejerina – Av. La Paz mediante la velocidad de operación (V_{85}) y velocidad de diseño (V_d) y clasificar el estado actual de consistencia de la vía de doble calzada.

Primer capítulo

Se desarrollará todo lo que se pretende realizar en la evaluación, los objetivos que se trazaron en el proyecto y el objetivo final al cual se pretende llegar la justificación que se dará a la evaluación del diseño según su velocidad tenga validez, que es lo que se pretende solucionar y dar a conocer, los beneficios que se obtendrán con esta evaluación.

Segundo capítulo

Está enfocado en la recopilación de información bibliográfica antecedentes, análisis de información de proyectos similares y revisión de normativas.

En este capítulo se pondrá toda la información necesaria para la elaboración de la evaluación, dando los conceptos necesarios para el registro de datos de aforación en horas pico, levantamiento topográfico necesario y normativas a seguir.

Tercer capítulo

Se comienza con la parte práctica de la evaluación de la consistencia con una inspección de la zona para determinar los puntos de aforación, realizamos aforación según norma para determinar las horas pico una vez determinada las horas pico, se realizara la medición de las velocidades a flujo libre, en las horas críticas obteniendo las velocidades de operación (V_{85}) en cada punto seleccionado en ambos sentidos, se realizara un levantamiento topográfico para determinar las características geométricas de la vía doble calzada y poder clasificar según norma determinando la velocidad según su diseño geométrico.

Se realiza la parte práctica de estadística y cálculo verificando que los datos obtenidos son fiables para realizar la evaluación de consistencia con el criterio de Lamm I y II,

se presentan los resultados obtenidos y realización de gráficas para poder hacer el análisis respectivo.

Cuarto capítulo

Contiene las conclusiones y recomendaciones de la evaluación, si se cumplió con los objetivos establecidos en la planificación del proyecto y con la hipótesis establecida.

CAPÍTULO II

**ASPECTOS GENERALES DEL DISEÑO
GEOMÉTRICO DE VIAS Y SU
CONSISTENCIA CON LA VELOCIDAD**

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE VIAS Y SU CONSISTENCIA CON LA VELOCIDAD

2 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN FUNCIONAL PARA DISEÑO

2.1 ASPECTOS GENERALES

Sin embargo, en Bolivia existe una clasificación que define el Decreto Supremo 25134 de 1998 que define el sistema nacional de carretera. Esta clasificación no está orientada al diseño, sino a la administración de las redes viales del país, definiendo tres niveles dentro del sistema: Red Fundamental, Redes Departamentales y Redes Municipales. La red fundamental está bajo la responsabilidad de la Administradora Boliviana de Carreteras.

2.2 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN

2.2.1 Categoría de las vías

La clasificación para diseño consulta seis categorías divididas en dos grupos, ellas son:

- Carreteras: Autopistas, autorrutas y primarias
- Caminos: Colectores, locales y de desarrollo

Cada categoría se subdivide según las velocidades de proyecto consideradas al interior de la categoría. Las V_p más alta corresponden a trazados en terrenos llanos, las intermedias en terrenos ondulados y las más bajas a terreno montañoso o cuyo entorno presenta limitaciones severas para el trazado.

El alcance general de dicha terminología es:

Terreno llano: 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 frecuencias cambios de cota que, si bien no son demasiados importantes en términos absolutos, son respectivos lo que obliga al emplear frecuentemente pendientes de distintos sentidos 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 justificara 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 "cuesta", 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 (puntillas, laderas de fuerte inclinación transversal, quebradas profundas, etc.) y también por el desnivel a salvar, que en oportunidades puede obligar al uso de curvas de retorno. En consecuencia, el empleo de elementos mínimas será frecuente y obligado.

Tabla 3 Clasificación funcional para diseño carreteras y caminos rurales

Categoría		Sección transversal		Vp (km/h)	Código tipo
		N° Carriles	N° Calzadas		
Autopista	(O)	4 ó + UD	2	120 - 100 - 80	A (n) - xx
Autoruta	(I.A)	4 ó + UD	2	100 - 90 - 80	AR (n) - xx
Primario	(I.B)	4 ó + UD	2 (1)	100 - 90 - 80	P (n) - xx
		2BD	1	100 - 90 - 80	P (2) - xx
Colector	(II)	4 ó + UD	2 (1)	80 - 70 - 60	C (n) - xx
		2BD	1	80 - 70 - 60	C (2) - xx
Local	(III)	2BD	1	70 - 60 - 50 - 40	L (2) - xx
Desarrollo		2BD	1	50 - 40 - 30	D - xx

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (Volumen I)

-UD: Unidireccionales

(n) Número Total de Carriles

-BD: Bidireccionales

-xx Velocidad de Proyecto (km/h)

*Menor que 30 km/h en sectores puntuales conflictivos

En los proyectos de nuevos trazados, todas las carreteras o caminos con calzadas unidireccionales deben contar con un cantero central que separe físicamente las calzadas.

a) Autopista (O)

Son carreteras nacionales diseñadas desde su concepción original para cumplir con las características y niveles de servicio que se describen a continuación. Normalmente su emplazamiento se sitúa en terrenos rurales donde antes no existían obras viales de alguna consideración, que impongan restricciones a la selección del trazado y pasando a distancias razonablemente alejadas del entorno suburbano que rodea las ciudades o poblados (circunvalaciones).

Están destinadas a servir prioritariamente al tránsito de paso, al que se asocian longitudes de viaje considerable, en consecuencia, deberán diseñarse para velocidades de desplazamiento elevadas, pero en definitiva compatibles con el tipo de terreno en que ellas se emplazan. Todo lo anterior debe lograrse asegurando altos estándares de seguridad y comodidad.

La sección transversal estará compuesta por dos o tres carriles unidireccionales dispuestos en calzadas separadas por un cantero central de al menos 13 m de ancho si está previsto pasar de 2 carriles iniciales por calzadas a 3 carriles futuros. En ese caso las estructuras deberán construirse desde el inicio para dar cabida a la sección final considerada.

En ella se autoriza solo la circulación de vehículos motorizados especialmente diseñados para el transporte de pasajeros y carga, quedando expresamente prohibido el tránsito de maquinaria autopropulsada (agrícola, de construcción, etc.).

Las velocidades de proyecto, según el tipo de emplazamiento son:

- Terreno llano a ondulado medio 120 km/h
- Terreno ondulado fuerte 100 km/h
- Terreno montañoso 80 km/h

Para poder desarrollar las velocidades indicadas bajo condiciones de seguridad

aceptable las autopistas deberán contar con Control total de acceso a todo lo largo del trazado, respeto de los vehículos, peatones y animales que se encuentran fuera de la faja del derecho de vía. El distanciamiento entre enlaces consecutivos deberá ser mayor o igual a 5,0 km medidos entre los extremos de los carriles de cambio de velocidad de ambos enlaces o se considere el diseño de accesos direccionales aislados.

b) Autorrutas (I.A)

Son carreteras nacionales existentes a las que se les ha construido o se le construirá una segunda calzada prácticamente paralela a la vía original. Normalmente se emplazan en corredores a lo largo de los cuales existen extensos tramos con desarrollo urbano, industrial o agrícola intensivo, muy próximo a la faja de la carretera.

Están destinadas principalmente al tránsito de paso, de larga distancia, pero en muchos subtramos sirven igualmente al tránsito interurbano entre localidades próximas entre sí. Podrán circular por ellas toda clase de vehículos motorizados incluso aquellos que para hacerlo deban contar con una autorización especial, y que no estén expresamente prohibidos o cuyo tipo de rodado pueda deteriorar la calzada.

La sección transversal deberá contar con al menos dos carriles unidireccionales por calzada debiendo existir un cantero central entre ambas. Las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno llano a ondulado fuerte 100 y 90 km/h
- Terreno montañoso 80 km/h

Las autorrutas deberán contar con control total de acceso respecto del acceso o salida de vehículos a ella; preferentemente se dará también control de acceso respecto de los peatones y animales a todo lo largo de la ruta, previéndose obligatorio este tipo de control de acceso en las zonas de enlaces, pasarelas y zonas adyacentes a poblados, con longitudes suficientes como para forzar a los peatones a usar los dispositivos especialmente dispuestos para su cruce.

El distanciamiento entre enlaces sucesivos lo regulará la ABC según las circunstancias particulares de cada emplazamiento; en todo caso resultaría conveniente que el espacio libre entre extremos de carriles de cambio de velocidad de enlaces sucesivos no sea menos que 3.0 km.

c) Carreteras primarias (I.B)

Son carreteras nacionales o regionales, con volúmenes de demanda medios a altos, que sirven al tránsito de paso con recorridos de mediana y larga distancia pero que sirven también un porcentaje importante de tránsito de corta distancia, en zonas densamente pobladas.

La sección transversal puede estar constituida por carriles unidireccionales separadas por un cantero que al menos de cabida a una barrera física entre ambas calzadas más 1.0 m libre desde está al borde interior de los carriles adyacentes, pero por lo general se tratara de una calzada con dos carriles para tránsito bidireccional.

Las velocidades de proyecto consideradas son las mismas que para la autorrutas, de modo que en el futuro mediante un cambio de estándar puedan adquirir las características de autorrutas.

Tabla 4 Velocidades de diseño para carreteras primarias

	Terreno Llano y Ond. Fuerte	Terreno Montañoso
Calzadas unidireccionales	100 - 90 km/h	80 km/h
Calzadas bidireccionales	100 - 90 km/h	80 km/h

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (Volumen I)

Las carreteras primarias deberán contar con un control parcial de acceso, entendiéndose por tal, aquel en que se disponga de enlaces desnivelados toda vez que ellos se hagan necesarios por condiciones de seguridad y capacidad derivadas del volumen de tránsito que presenta la vía secundaria (colector o local). Los cruces con líneas férreas deberán ser consideradas de acuerdo a la topografía. El resto de los cruces con otros caminos deberán contar con,

intersecciones canalizadas, provistas de carriles de cambio de velocidad.

d) Caminos colectores (II)

Son caminos que sirven tránsitos de mediana y corta distancia, a los cuales acceden numerosos caminos locales o de desarrollo. El servicio al tránsito de paso y a la propiedad colindante tiene una importancia similar. Podrán circular por ellos toda clase de vehículos motorizados.

En zonas densamente pobladas se deberán habilitar carriles auxiliares destinados a la construcción de ciclovías.

Su sección transversal normalmente, es de dos carriles bidireccionales, pudiendo llegar a tener calzadas unidireccionales. Las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno llano a ondulado medio 80 km/h
- Terreno ondulado fuerte 70 km/h
- Terreno montañoso 60 km/h

Normalmente este tipo de caminos poseerá pavimento superior, o dentro del horizonte de proyecto será dotado de él, consecuentemente la selección de la velocidad de proyecto debe ser estudiada detenidamente. Podrán circular por ellos toda clase de vehículos motorizados y vehículos a tracción animal que cuenten con los dispositivos reglamentarios señalados en la ordenanza del tránsito.

e) Caminos locales (III)

Son caminos que se conectan a los caminos colectores. Están destinados a dar servicio preferentemente a la propiedad adyacentes. Son pertinentes las ciclovías. La sección transversal prevista consulta dos carriles bidireccionales y las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno llano a ondulado medio 70 km/h
- Terreno ondulado fuerte 60 km/h
- Terreno montañoso 50 y 40 km/h

La avenida Circunvalación es una de las avenidas más importantes de la ciudad de Tarija fue construida en julio del año 1983 tiene 39 años actualmente, es la segunda relevancia después de la avenida de Las Américas. Esta avenida inicia desde la rotonda del barrio Panamericano y termina en el cruce al barrio el Aeropuerto.

f) Caminos de desarrollo

Están destinados a conectar zonas aisladas y por ellas transitarán vehículos motorizados y vehículos a tracción animal. Sus características responden a las mínimas consultadas para los caminos públicos, siendo su función principal la de posibilitar tránsito permanente aun cuando las velocidades sean reducidas, de hecho, las velocidades de proyecto que se indican a continuación son niveles de referencia que podrán ser disminuidos en sectores conflictivos.

La sección transversal que se les asocia debe permitir el cruce de un vehículo liviano y un camión a velocidades tan bajas como 10 km/h y la de dos camiones, estando uno de ellos detenido.

Las velocidades referenciales de proyecto son:

- Terreno llano a ondulado medio 50 y 40 km/h
- Terreno ondulado fuerte a montañoso 30 km/h

2.3 CONCEPTOS RELATIVOS A VELOCIDAD EN EL DISEÑO VIAL

2.3.1 Las velocidades

Se define la velocidad como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, o sea, una relación de movimiento que queda expresada, para velocidad constante, por la fórmula: $V = d/t$

Como la velocidad que desarrolla un vehículo queda afectada por sus propias características del conductor y de la vía, por el volumen de tránsito y por las condiciones atmosféricas imperantes, quiere decir que la velocidad a que se mueve un vehículo varía constantemente causa que obliga a trabajar con valores medios de

velocidad.

Como el tiempo de recorrido es función de la velocidad, cambiando la velocidad en un viaje, se puede variar el tiempo de recorrido. La velocidad está bajo el control del conductor y por lo tanto su uso determinará la distancia recorrida, el tiempo recorrido y el ahorro de tiempo según la variación de la velocidad, por lo tanto, la velocidad debe ser regulada y controlada.

La mayor parte de los estudios de velocidad se refieren a la velocidad de los vehículos en determinado punto de un camino o de una calle. A esa velocidad se le ha llamado velocidad de punto. El estudio de la velocidad de punto da la información relativa a la velocidad que prevalece en un determinado lugar y la distribución de velocidades por grupos de usuarios. Por ejemplo, en una sección de un camino de dos carriles se pueden obtener los datos correspondientes a las velocidades que desarrollan los usuarios tomando una muestra lo suficientemente representativa de los vehículos en un tramo de camino. El promedio de velocidad será el promedio aritmético de las velocidades de punto de todos los vehículos en este tramo. Generalmente se usa para establecer restricciones de velocidad, indicar la velocidad de seguridad en las curvas y para ayudar en los estudios que relacionan a los accidentes con la velocidad. Para el conductor, la velocidad es uno de los elementos críticos a considerar en la selección de la ruta a transitar o la escogencia de un determinado modo de transporte, ponderándose su importancia en términos de tiempo de recorrido, de costos de viaje, de la combinación

El diseño, en todo caso busca satisfacer razonablemente los requerimientos de los usuarios en lo relativo a velocidades, bajo condiciones de seguridad y economía en las operaciones, sin dejarse llevar por inkomodos extremos como sucedería si se pretendiera atender al reducido número de usuarios que reclaman mayores velocidades de lo que se juzga razonable.

Por otro lado, la velocidad de recorrido total se obtiene de dividir la distancia recorrida, de principio a fin de viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla.

En este tiempo de recorrido estarán incluidos todos los tiempos en que el vehículo haya variado la velocidad o se haya detenido por cualquier causa, excepto cuando ésta sea

ajena a la vía. Los tiempos de recorrido total se utilizan para poder valorar la efectividad de ciertas medidas para regular el tránsito, como, por ejemplo, el prohibir el estacionamiento en ciertas zonas, coordinación de señales luminosas, etc.

2.3.2 Velocidad de Proyecto (Vp)

Es la velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y comodidad elementos que solo podrán ser empleados en la medida que estén precedidos por otros (en ambos sentidos del tránsito), que anticipen al usuario que se está entrando a un tramo de características geométricas mínimas, el que además deberá estar debidamente señalizado.

La velocidad de proyecto reemplaza a la denominada velocidad de diseño (Vd), por cuanto como se verá más adelante, se introducen nuevos conceptos que también intervendrán en el diseño, como lo son la velocidad específica (Ve) y la velocidad percentil 85 (V85%).

Nótese, además, que, por lo general, una carretera o camino poseerá una longitud mayor con tramos de trazado más amplios que el correspondiente a aquellos de características mínimas y, por lo tanto, el diseño deberá considerar dicha realidad, ya que los usuarios al percibir la mayor amplitud del diseño tienden a elevar su velocidad de circulación.

En consecuencia, el concepto velocidad de proyecto se usará para efectos del sistema de clasificación funcional para diseño, a fin de indicar el estándar global asociado a la carretera y para definir los parámetros mínimos aceptables bajo condiciones bien definidas. La velocidad de diseño, es la máxima velocidad que, en condiciones de seguridad puede ser mantenida en una determinada sección de una carretera, cuando las condiciones son tan favorables como para hacer prevalecer las características del diseño utilizado.

En principio, las carreteras deben diseñarse para las mayores velocidades que sean compatibles con los niveles deseados de seguridad vial, movilidad y eficiencia, tomando a la vez debida cuenta de las restricciones ambientales, económicas, estéticas y los impactos sociales y políticos de tales decisiones. La velocidad de diseño debe ser

consistente con la velocidad que espera el conductor promedio. En una carretera secundaria con condiciones topográficas favorables, por ejemplo, donde los conductores operan a velocidades relativamente altas, dada su percepción de las condiciones físicas y operativas de la vía, es impropio aplicar una baja velocidad de diseño por los riesgos que acarrearía en materia de seguridad.

Una velocidad que es de suma importancia es la llamada velocidad de proyecto o velocidad directriz que no es otra cosa que aquella velocidad que ha sido escogida para gobernar y correlacionar las características y el proyecto geométrico de un camino en su aspecto operacional.

La velocidad de proyecto es un factor de primordial importancia que determina normalmente el costo del camino y es por ello lo que debe limitarse para obtener bajos costos. Todos los elementos del proyecto de un camino deben calcularse en función de la velocidad de proyecto. Al hacerse esto, se tendrá un todo armónico que no ofrecerá sorpresas al conductor.

2.3.3 Velocidad Específica (Ve)

Es la máxima velocidad a la cual se puede circular por un elemento del trazado, considerando individualmente, en condiciones de seguridad y comodidad, encontrándose el pavimento húmedo, los neumáticos en buen estado y sin que existan condiciones meteorológicas, del tránsito, del estado del pavimento o del entorno de la vía, que impongan limitaciones a la velocidad.

La velocidad específica se aplica a los elementos curvos en planta. Su divergencia con el antiguo concepto de velocidad de diseño, surge de la adopción de leyes de variación del peralte que, en vez de disminuirlo ante radios crecientes, lo mantienen relativamente alto para un rango amplio de los mismo confirmando mayor seguridad ante velocidades de circulación mayores que las de proyecto (ex diseño), situación que es consecuente con la tendencia de los usuarios a elevar la velocidad ante trazados amplios.

En el caso particular de los elementos curvos la Ve debe entenderse como la máxima velocidad a la que se puede recorrer una curva horizontal de radio y peralte dado, haciendo uso del máximo roce transversal especificado para dicha velocidad, en

condiciones de pavimento húmedo, neumáticos en razonable buen estado y condiciones de flujo libre. El coeficiente de roce transversal recomendado, es menor que el máximo usado antiguamente a partir de velocidades sobre 70 km/h.

(MTC, DG-2018) La velocidad máxima con que sería abordado cada elemento geométrico, es la velocidad específica con la que se debe diseñar. El valor de la velocidad específica de un elemento geométrico depende esencialmente de los siguientes parámetros:

- Del valor de la velocidad de diseño del tramo homogéneo en que se encuentra incluido el elemento. La condición deseable es que a la mayoría de los elementos geométricos que integran el tramo homogéneo se los pueda asignar como velocidad específica, el valor de la velocidad de diseño del tramo.
- De la geometría del trazo inmediatamente antes del elemento considerado, teniendo en cuenta el sentido en que el vehículo realiza el recorrido.

2.3.3.1 Velocidad Específica en las curvas horizontales

Para asignar la velocidad específica a las curvas horizontales en un tramo homogéneo, se consideran los siguientes parámetros:

- La velocidad de diseño del tramo homogéneo en que se encuentra la curva horizontal
- El sentido en que el vehículo recorre la carretera.
- La velocidad específica asignada a la curva horizontal anterior.
- La longitud del segundo en tangente anterior. Para efectos de este manual, se considera segmentos en tangentes a la distancia horizontal medida entre los puntos medios de las espirales de las curvas al inicio y al final del segmento si estas son espiralizadas o entre el PT y el PC de las curvas si son circulares.

2.3.3.2 Velocidad específica de la curva vertical

La Velocidad Específica de la curva vertical, cóncava o convexa, es la máxima velocidad a la que puede ser recorrida en condiciones de seguridad. Con ella se debe elegir su longitud y verificar la distancia de visibilidad de parada. Si la curva vertical

coincide con una curva horizontal, que tiene una velocidad específica de la curva vertical debe ser igual a la velocidad de la tangente horizontal.

2.3.4 Velocidad de Operación (Vop)

La velocidad de operación es la velocidad media de desplazamiento que pueden lograr los usuarios en un tramo carretera de una velocidad de proyecto dada, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito del estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de esta con otras vías y con la propiedad adyacente. Si el tránsito y la interferencia son bajos, la velocidad de operación del usuario medio es del orden, de la velocidad de proyecto y para un cierto grupo de usuarios superior a esta. A medida que el tránsito crece, la interferencia entre vehículos aumenta tendiendo a bajar la velocidad de operación del conjunto. Este concepto es básico para evaluar la calidad del servicio que brinda una carretera y será trazado con mayor extensión.

La velocidad de operación es la máxima velocidad a la cual un conductor puede viajar por una carretera dada, sin que en ningún momento se excedan los límites de seguridad que determinan la velocidad de diseño, sección por sección, de dicha carretera.

(MTC DG-2018) Un concepto utilizado para la mejor estimación de la velocidad de operación, es el denominado percentil 85 de la velocidad, que consiste en determinar la velocidad bajo la cual circula el 85% de los vehículos. Considerando la velocidad de operación en cada punto del camino, es posible construir un diagrama de velocidad de operación: velocidad de operación (Vop) – distancia, donde se podrán apreciar aquellos lugares que puedan comprometer la seguridad en el trazado. El análisis del indicado diagrama, constituye el método más común, para evaluar la consistencia del diseño geométrico.

Fitzpatrick para el desarrollo de sus modelos no solo considera el trazado en planta sino también la alineación en perfil, al realizar estudios en ciento setenta y seis lugares ubicados en carreteras de seis regiones de los Estados Unidos con diferentes combinaciones de alineamiento en planta. Hasta el año 2000 no se presentó ningún modelo de predicción de velocidad que considera el trazado en planta y en perfil, hasta la fecha se tenía conocimientos de estudios realizados en curvas horizontales pero muy escasos los que consideran la consistencia en trazados verticales, por lo que Fitzpatrick

Fitzpatrick se apoyó en estudios previos realizados por Lefevé y Fambro en el año 1953 y 1987 respectivamente para la obtención de sus modelos.

Todas las ecuaciones propuestas por Fitzpatrick utilizan como única variable independiente el radio de curvatura como se muestra en la (Tabla 5). Este modelo de velocidades ha sido implementado por una amplia variedad de programas computacionales como son el caso de TWOPAS, SIMCAR, TRARR, EICAM todos para la simulación de velocidades de circulación de vehículos en vías de dos carriles.

Tabla 5 Ecuaciones de Fitzpatrick para la estimación de velocidades de operación

	Condiciones de alineamiento	Ecuación
1	Curva horizontal sobre pendiente (-9% < i < -4%)	$V_{85} = 102,10 - \frac{3077,13}{R}$
2	Curva horizontal sobre pendiente (-4% < i < 0%)	$V_{85} = 105,98 - \frac{3709,90}{R}$
3	Curva horizontal sobre pendiente (0% < i < 4%)	$V_{85} = 104,82 - \frac{3574,51}{R}$
4	Curva horizontal sobre pendiente (4% < i < 9%)	$V_{85} = 96,61 - \frac{2752,19}{R}$
5	Curva horizontal combinada con curvas cóncavas (sag)	$V_{85} = 105,32 - \frac{3438,19}{R}$
6	Curva horizontal combinada con curvas convexas sin Limitación de visibilidad	(Nota 2)
7	Curva horizontal combinada con curvas convexas sin Limitación de visibilidad ($K \leq 43$ m/%)	$V_{85} = 103,24 - \frac{3576,51}{R}$; (nota 2)
8	Curva vertical cóncava sobre recta horizontal	V_{85} se asume como la Velocidad deseada
9	Curva vertical convexa con distancia de visibilidad no Limitada ($K > 43$ m/%) sobre recta horizontal	V_{85} se asume como la Velocidad deseada
10	Curva vertical convexa con distancia de visibilidad no Limitada ($K \leq 43$ m/%) sobre recta horizontal	$V_{85} = 105,08 - \frac{149,69}{K}$

Fuente: (MTC DG-2018)

Notas:

- 1) Usa la menor velocidad estimada con las ecuaciones 1 o 2 (para pendientes descendentes) y 3 o 4 (para pendientes ascendentes).
- 2) Además, comparar con la velocidad estimada con las ecuaciones 1 o 2 (para pendientes descendentes) y 3 o 4 (para pendientes ascendentes) y usar la menor. Esto asegurará que la velocidad estimada a lo largo de curvas combinadas no será mejor que si solo la curva.

- 3) horizontal está presente. Es decir, la inclusión de una curva convexa con visibilidad limitada resulte en una mayor velocidad.
- 4) V_{85} Percentil 85 de velocidad de automóviles.
- 5) R Radio de curva (m).

2.3.5 Velocidad Percentil 85 (V85%)

Es aquella velocidad no superada por el 85% de los usuarios en un tramo de características homogéneas, bajo las condiciones de tránsito prevalecientes, estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de este con otras vías y con la propiedad adyacente.

Cuando dichas condiciones no imponen restricciones, la V85% suele ser mayor que la velocidad de proyecto, independientemente de si la velocidad de proyecto está señalizada, corresponde a la máxima legal, etc. (Ello siempre que el tramo no tenga control policial habitual). En consecuencia, el 85% de los usuarios circula a la V85% o menos y un 15% de los usuarios supera dicha velocidad.

“Velocidad 85% considerada para el diseño en planta” y “velocidad V considerada para verificar la visibilidad de frenado y para diseñar el alineamiento vertical”, se establece la normativa adoptada para predecir dichas velocidades según sean las características del sector que está diseñado.

La estimación de estas por parte del proyectista, empleando dicha normativa, será especialmente relevante cuando se diseñen sectores de trazado amplio que pueden inducir velocidades de desplazamiento superiores a las de proyecto, por lo cual deberá verificarse que el trazado cumple tanto en planta como en alineamiento vertical con los requerimientos para esas velocidades.

2.3.6 Velocidades de proyecto según categoría de la obra vial

La velocidad de proyecto fija el marco de referencia mínimo que define el diseño geométrico de una carretera o camino, principalmente en lo relativo a su trazado horizontal y vertical. Algunas características de la sección transversal, como los anchos mínimos de pavimentos y bermas, dependen más bien del volumen de tránsito, tipo de vehículos y proporción de estos en el flujo.

La velocidad de proyecto seleccionada para un proyecto de categoría dependerá en sí,

fundamentalmente de la función asignada a la carretera, del volumen y composición del tránsito previsto, de la topografía de la zona de emplazamiento y del diferencial de costo que implica seleccionar una u otra velocidad de proyecto dentro del rango posible considerado para la categoría. En definitiva, la elección de una velocidad de proyecto que se aparte de la óptima se reflejara en una disminución de la rentabilidad del proyecto.

Detrás del rango de velocidades posibles para cada categoría de carretera o camino, se justifican las más altas en terrenos llanos o ligeramente ondulados y las más bajas para relieves montañosos o escarpados son considerado para la categoría. En definitiva, la elección de una velocidad de proyecto la cual se aparte de la óptima se refleja en una disminución de la rentabilidad del proyecto.

Detrás del rango de velocidades posibles para cada categoría de carretera o camino, se justifican las más altas en terrenos llanos o ligeramente ondulados y las más bajas para relieves montañosos o escarpados. Esto no solo por las consideraciones de costo ya expuestas, sino que también porque el usuario está mejor dispuesto a aceptar velocidades menores cuando el terreno es difícil y el trazado necesariamente sinuoso, que cuando no encuentra una razón evidente para ello.

Por lo anteriormente expuesto, si un sector extenso de camino, colector o local, que pueda llegar a ser pavimentado, se empieza en un terreno muy favorable, sus elementos deberán proyectarse con valores más amplios, correspondientes a unos 10 a 20 km/h por sobre la velocidad de proyecto que le corresponde al camino considerado su función y volumen de demanda general a fin de evitar que cuando el camino se pavimente los usuarios traten de alcanzar esas velocidades en un trazado que no las acepta.

2.3.7 Velocidad de diseño del tramo homogéneo

La velocidad de diseño está definida en función de la clasificación por demanda u orografía de la carretera a diseñarse. A cada tramo homogéneo se la puede asignar la velocidad de diseño en el rango que se indica en la siguiente tabla 6.

Tabla 6 Rangos de la velocidad de diseño en un tramo homogéneo

Clasificación	Orografía	Velocidad de diseño de un tramo homogéneo VTR (km/h)												
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130		
Autopista de primera clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Autopista de segunda clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Carretera de primera clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Carretera de segunda clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Carretera de tercera clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													

Fuente: (MTC, DG-2018)

2.3.8 Velocidad de marcha

Denominada también velocidad de crucero, es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, la vía y los dispositivos de control. Es una medida de la calidad del servicio que una vía proporciona a los conductores y varía durante el día, principalmente, por la modificación de los volúmenes de tránsito.

Es deseable que la velocidad de marcha de una gran parte de los conductores, sea inferior a la velocidad de diseño. La experiencia indica que la desviación de este objetivo es más evidencia y problemática en las curvas horizontales más favorables.

En particular, en las curvas con bajas velocidades de diseño (en relación a las expectativas del conductor) se suele conducir a velocidades mayores lo que implica menores condiciones de seguridad. Por tanto, es importante que la velocidad de diseño utilizada para la configuración de la curva horizontal sea un flujo conservador de la velocidad que se espera de la instalación construida.

El promedio de la velocidad de marcha en una carretera determinada varía durante el día, dependiendo sobre todo del volumen de tránsito. Por tanto, cuando se hace referencia a una velocidad de marcha, se deberá indicar claramente si esta velocidad representa las horas de mayor demanda, fuera de las horas de mayor demanda, o un promedio para el día. Las horas de mayor demanda y el resto se utilizan en el proyecto y operación, mientras que la velocidad promedio de funcionamiento durante todo un día se utiliza en los análisis económicos.

Cuando no se disponga de un estudio de campo bajo las condiciones prevalecientes a analizar, se tomarán como valores teóricos, los comprendidos entre el 85% y el 95% de la velocidad de diseño, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7 Velocidades de marcha teóricas en función de la velocidad de diseño (km)

Velocidad de diseño	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0	130.0
Velocidad media de marcha	27.0	36.0	45.0	54.0	63.0	72.0	81.0	90.0	99.0	108.0	117.0
Rangos de velocidad media	25.5 @ 28.5	34.0 @ 38.0	42.5 @ 47.5	51.0 @ 57.0	59.5 @ 66.5	68.0 @ 75.0	76.5 @ 85.5	85.0 @ 95.0	93.5 @ 104.5	102.0 @ 114.0	110.5 @ 123.5

Fuente: (MTC DG-2018)

2.3.9 Velocidad deseada (o velocidad libre)

Es la velocidad seleccionada por los conductores para desplazarse cuando no hay restricciones por curvatura horizontal o vertical.

Puede tomarse como indicador de la misma la velocidad observada en una recta larga, en un sitio alejado de la influencia de una curva horizontal o vertical.

$$V_{des} = 70,18 - 0,0176 R_m + 2,88 L_p$$

Donde:

R_m = Radio mínimo (m)

L_p = Ancho de carril (m)

2.3.10 Métodos de medición de velocidades

Los métodos de medición de velocidades aplicables al estudio de la velocidad de punto son las siguientes:

2.3.10.1 Método del cronómetro

El método más antiguo y económico para medir las velocidades de los vehículos es, probablemente, haciendo uso de un cronómetro. En una distancia determinada (de 30 a 100 m) que se ha marcado en el pavimento con dos rayas de pintura, se mide el tiempo que tardan los vehículos en recorrerla.

El cronómetro se pone en marca cuando un vehículo entra en la distancia marcada en el pavimento, y se detiene cuando el mismo vehículo sale de ella. La velocidad será igual al espacio recorrido entre el tiempo empleado en recorrerlo.

2.3.10.2 Método del enoscopio

Los enoscopios son cajas en forma de L, abiertas en dos partes, con un espejo colocado en su interior a un ángulo de 45° con las paredes de la caja. Este aparato dobla a 90° la visual del observador y su construcción es barata.

El enoscopio se coloca en un extremo de una determinada distancia con un brazo de la L perpendicular a la trayectoria de los vehículos y el otro apuntando hacia el observador que se colocará en el otro extremo de la distancia considerada. Cuando el observador percibe la imagen de un vehículo en el enoscopio, pone en marcha el cronómetro y no lo detiene hasta que el mismo vehículo pase frente a él.

Se pueden hacer observaciones nocturnas colocando una luz directamente frente al enoscopio, cuyos rayos interrumpen los vehículos al pasar. Normalmente los enoscopios se colocan sobre un tripié. Cuando el tránsito es muy intenso hay que escoger un vehículo de cada 2,3,4 ó 5 para medir la velocidad. También pueden hacerse

escogiendo un vehículo cada 15 ó 20 segundos.

2.3.10.3 Método del radar

Se trata de un equipo accionado por la batería de un vehículo y que se basa en el principio del radar. El aparato emite ondas de alta frecuencia que rebotan en el vehículo que se acerca.

Al regreso de la onda, ésta es registrada en el mismo aparato, el cual, de acuerdo con la intensidad de la onda, indica la velocidad del vehículo que se aproxima. Con aditamentos especiales se pueden observar datos del vehículo y de la velocidad a que circula.

2.4 DEMANDA Y CARACTERÍSTICA DEL TRÁNSITO

2.4.1 Aspectos generales

Para seleccionar la categoría que se debe dar a una determinada vía, es indispensable tener una acertada predicción de los volúmenes de demanda, su composición y la evolución que estas variables puedan experimentar a lo largo de la vida de diseño.

2.4.1.1 Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días de un año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la ruta en la sección considerada.

2.4.1.2 Clasificación por tipo de vehículo

Expresa en porcentaje la participación que le corresponde en el TPDA a las diferentes, categorías de vehículos, debiendo diferenciarse por lo menos las siguientes:

- Vehículos livianos: Automóviles, camionetas hasta 1500 kg.
- Locomoción colectiva: Buses rurales e interurbanos.
- Camiones: Unidad simple para transporte de carga.
- Camión con semirremolque o remolque: Unidad compuesta para transporte de carga.

Según sea la función del camino la composición de tránsito variará en forma importante

importante de una a otra vía. En países en vías de desarrollo la composición porcentual de los distintos tipos de vehículos suele ser variable en el tiempo.

2.4.1.3 Demanda horaria

En caminos de alto tránsito es el Volumen Horario de Diseño (VHD), y no el TPDA, lo que determina las características que deben otorgarse al proyecto para evitar problemas de congestión y determinar condiciones de servicio aceptable. El VHD deberá obtenerse a partir de una ordenación decreciente de los mayores volúmenes horarios registrados a lo largo de todo un año. Al graficar estos valores se podrá establecer el volumen horario de demanda máxima normal, que para la mayoría de los caminos de tránsito mixto (aquéllos que no presentan una componente especializada, preponderante, por ejemplo: turismo) coincide con el volumen asociado a la trigésima (Hora 30) hora de mayor demanda.

Los volúmenes asociados a las horas que ocupan las primeras posiciones en la ordenación decreciente se consideran máximos extraordinarios en los que se acepta cierto grado de congestión al final del horizonte de diseño del proyecto.

En caso que la información ordenada gráficamente no presente el comportamiento descrito, se deberá adoptar un criterio adecuado que permita establecer el volumen a considerar como máximo normal para el diseño.

De lo anteriormente expuesto se infiere que el VHD considera las demandas críticas, tomando en cuenta las variaciones estacionales y diarias que normalmente presenta una carretera. Por otra parte, el VHD debe ser proyectado al término del período de diseño a fin de considerar su evolución en el tiempo.

Se podrá utilizar la relación empírica extensamente comprobada en caminos de tránsito mixto, que relaciona el TPDA con el VHD:

VHD año i = 0.12 ~ 0.18 del TPDA año i (VHD año i = 0.10 ~ 0.15 del TPDA i para Hora 100)

Coeficientes del orden de 0.12 corresponden por lo general a carreteras de tránsito mixto con variaciones estacionales moderadas (0.10 para Hora 100).

Coeficientes del orden 0,18 se asocian a carreteras con variaciones estacionales,

marcadas, causadas normalmente por componentes del tipo turismo (0.15 para Hora 100).

2.4.2 Crecimiento del tránsito

Deben establecerse los volúmenes de tránsito presentes en el año de puesta en servicio del proyecto y aquellos correspondientes al año horizonte de diseño. Ello, además de fijar algunas características del proyecto, permite eventualmente elaborar un programa de construcción por etapas.

En el caso de caminos locales o de desarrollo que por lo general no inducen cambios estructurales en la red vial y que rara vez enfrentan problemas de congestión a lo largo de su vida de diseño, tasas de crecimiento de tipo histórico observadas en la región pueden ser suficientes para abordar el problema. En el caso de autopistas, autorrutas, primarios y eventualmente colectores, se requeriría un estudio especial para proyectar la evolución del tránsito en todos sus aspectos.

2.4.2.1 Aforos de tráfico

Para conocer las características del tráfico es necesario realizar medidas y estudios en las vías existentes. Los datos obtenidos se utilizan como base para el planeamiento y explotación de las redes viarias, la ampliación de regulaciones del tráfico y la investigación de los efectos de los diferentes elementos de la vía en la circulación de vehículos.

Estas técnicas y métodos de estudio dependen de la clase de datos que se desee obtener y de la extensión y precisión con que haya de realizarse el estudio.

Las principales características del tráfico que suelen estudiarse son: las intensidades de circulación, las velocidades y los tiempos de recorrido de los vehículos, el origen, destino y objeto de los viajes, los accidentes, etc.

2.4.2.2 El tránsito actual

Es el volumen de tránsito que tiene la vía en el momento en que esta se pone en servicio.

Está compuesto por:

- **Tránsito existente.** Es el que usa la misma vía que se va a mejorar, antes de que tal hecho ocurra. Para el caso de una vía nueva este componente no existe o su

valor es cero.

- **Tránsito atraído.** El proyecto atrae tránsito de otras vías existentes, ya que, para algunas zonas del proyecto, cuando esté construido o mejorado, ofrecerá más ventajas a los usuarios que otras vías existentes.

La definición del área de influencia que se incorpora al proyecto se hace generalmente bajo la consideración de tiempos de viaje, extendiéndose el área de influencia hasta la línea que permite hacer el viaje en menor tiempo, comparado con la utilización de otra vía existente.

El tránsito actual se establece de las siguientes formas: Conteos sobre la vía en estudio si se trata de una mejora.

- Conteos de tránsito en las vías que puedan influenciar el tránsito de la vía en estudio. Estudios de origen y destino.

El costo de estos estudios y conteos es pequeño comparado con los costos de construcción de las mejoras y, por tanto, no se deben ahorrar esfuerzos para obtener los datos necesarios a fin de lograr una buena estimación de los volúmenes de tráfico para el diseño.

2.4.2.3 Incremento del tránsito

Una vez establecido el tránsito actual es necesario determinar el tránsito probable en el año para el cual se va a diseñar la vía.

Para esto al tránsito actual, el que tendría la vía en el momento de entrar en servicio, se le debe agregar el crecimiento normal del tránsito, el tránsito generado y el tránsito por desarrollo de la zona.

- **Crecimiento normal del tránsito.** Considera el crecimiento de la población del área de influencia y, además, la probable evolución en el número y tipo de vehículos.

Año tras año se aumenta el número de viajes en automóvil y seguramente esta Tendencia seguirá en el próximo futuro; aunque algún día, sin duda dejará de crecer.

- **Tránsito generado.** Es el tránsito debido a los viajes en vehículos automotores

que no se habrían hecho de no haberse dado el servicio la vía.

Este compuesto por tres clases:

- ✓ Viajes nuevos que no se habrían hecho por ningún medio de transporte.
- ✓ Viajes que anteriormente se hacían en algún transporte colectivo, por ejemplo, avión, ferrocarril, etc.
- ✓ Viajes que anteriormente se hacían con otro destino y que cambian de rumbo por lo atractivo de la nueva vía.

Según estudios se presentan principalmente en los dos primeros años de la vida útil de la vía y es del orden del 5.0% o un poco mayor con relación al tránsito normal.

- **Tránsito por desarrollo extra de la zona.** Este es el tránsito debido al desarrollo adicional al desarrollo normal de la región debido a la puesta en servicio de la vía. Este componente del tránsito futuro continúa desarrollándose durante muchos años después de entrar en servicio la vía.

El tránsito debido al crecimiento normal de la zona está incluido en el crecimiento de tránsito actual, pero la experiencia muestra que la zona aledaña a la vía tiene un desarrollo más rápido que el resto de las tierras.

Para calcular este componente del tránsito es necesario estimar el posible desarrollo de la zona y de esta suposición, estimar un posible número de viajes entre varios puntos de origen y destino.

Se puede estudiar con la ayuda de mapas que presenten los usos actuales de la tierra y sus posibles mejoras, y otros mapas con los usos futuros debido a la vía

Predicho el uso futuro de la tierra se puede deducir el número probable de viajes y la proporción de ellos entre los diversos puntos de origen y destino.

En las áreas rurales este tipo de crecimiento es menos importante que en las zonas urbanas o cercanas a ellas.

A veces se puede despreciar haciendo la suposición de que queda involucrado dentro del crecimiento normal del tránsito.

2.4.3 Vehículos de diseño

2.4.3.1 Características generales

Las características físicas de los vehículos y las proporciones de los vehículos de variados tamaños que usan las carreteras son positivos controles en el diseño geométrico. Por lo tanto, es necesario examinar todos los tipos de vehículos, seleccionar agrupamientos de clases general, y establecer vehículos de tamaños representativos dentro de cada clase, para su uso en el diseño.

Los vehículos de diseño son vehículos automotores seleccionados; con el peso, dimensiones y características de operación usadas al establecer los controles de diseño para acomodar los vehículos de las clases diseñadas.

Para los propósitos del diseño geométrico, cada vehículo de diseño tiene mayores dimensiones físicas y mayores radios de giro mínimos que los de casi todos los vehículos de su clase.

Los más grandes de todos los varios vehículos de diseño son usualmente acomodados en el diseño de las autopistas. Se han seleccionado tres clases generales de vehículos de pasajeros, camiones y buses/vehículos de pasajeros incluyendo compactos y subcompactos más todos los vehículos livianos y camiones livianos.

La clase camión incluye los camiones de unidad única, buses articulados, y camiones o tractor-camiones con semirremolque en combinación con remolques completos.

Los buses/vehículos recreacionales incluyen los buses de unidad única, buses articulados, buses escolares, y vehículos de pasajeros o casas rodantes tractoras que tiran remolques. Además, cuando en las carreteras se tiene en cuenta el ciclismo, la bicicleta también debería considerarse un vehículo de diseño

2.4.4 Características de los vehículos

2.4.4.1 Aspectos generales

Los vehículos que circulan por las carreteras influyen el diseño fundamentalmente desde dos puntos de vista: velocidad que son capaces de desarrollar y dimensiones que le son propias.

Los vehículos livianos: automóviles y similares determinan las velocidades máximas a

considerar en el diseño, así como las dimensiones mínimas, ellas participan en la determinación de las distancias de visibilidad de frenado y adelantamiento.

Los vehículos pesados: camiones de diversos tipos, y en menor medida los buses, experimentan reducciones importantes en su velocidad de operación cuando existen tramos en pendiente. La necesidad de limitar estas reducciones de velocidad determina la longitud y magnitud aceptable de las pendientes.

Las dimensiones de estos vehículos: largo, ancho y alto, influyen en gran medida diversos elementos de la sección transversal y determinan los radios mínimos de giro, los ensanches de la calzada en curva y el galibo vertical bajo estructuras. Las dimensiones consideradas para el diseño y los radios de giro mínimos se establecen a continuación.

2.4.4.2 Dimensiones de vehículos

Las dimensiones de los vehículos y su movilidad son factores de incidencia relevante en el diseño.

Largo, ancho y alto de los vehículos condicionan en gran medida diversos elementos de la sección transversal, los radios de giro, los ensanches de calzada en curvas y los gálibos verticales bajo estructura. Su peso es uno de los factores determinantes del cálculo estructural de pavimentos y estructuras.

Las dimensiones tipo de automóviles y camiones de dos ejes se presentan en las figuras I y II, respectivamente junto con una representación de los radios de giro mínimos para estos vehículos y sus trayectorias para cambios de dirección progresivos.

En la figura III y IV se entrega la misma información gráfica relativa a los buses interurbanos y los camiones semi-remolque, respectivamente.

Para determinar las distancias de visibilidad que se utilizan en la definición de una serie de parámetros rectores del diseño, es preciso fijar algunas alturas.

Figura 5 Vehículos tipo: Automóvil y camión de dos ejes

Figura I

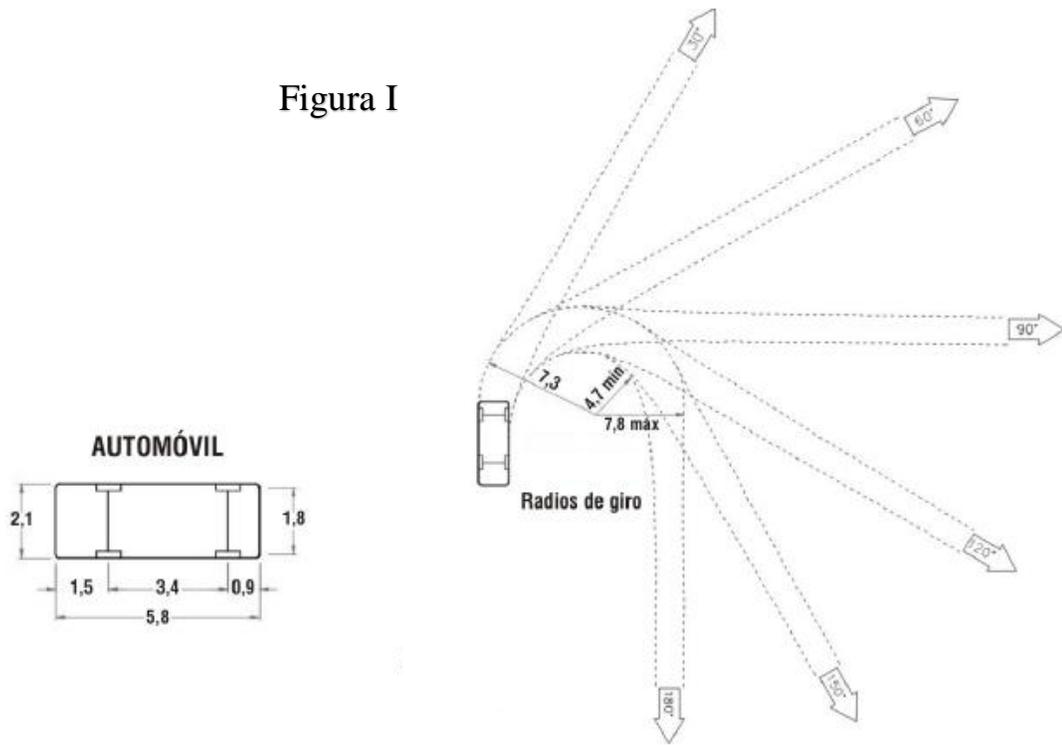
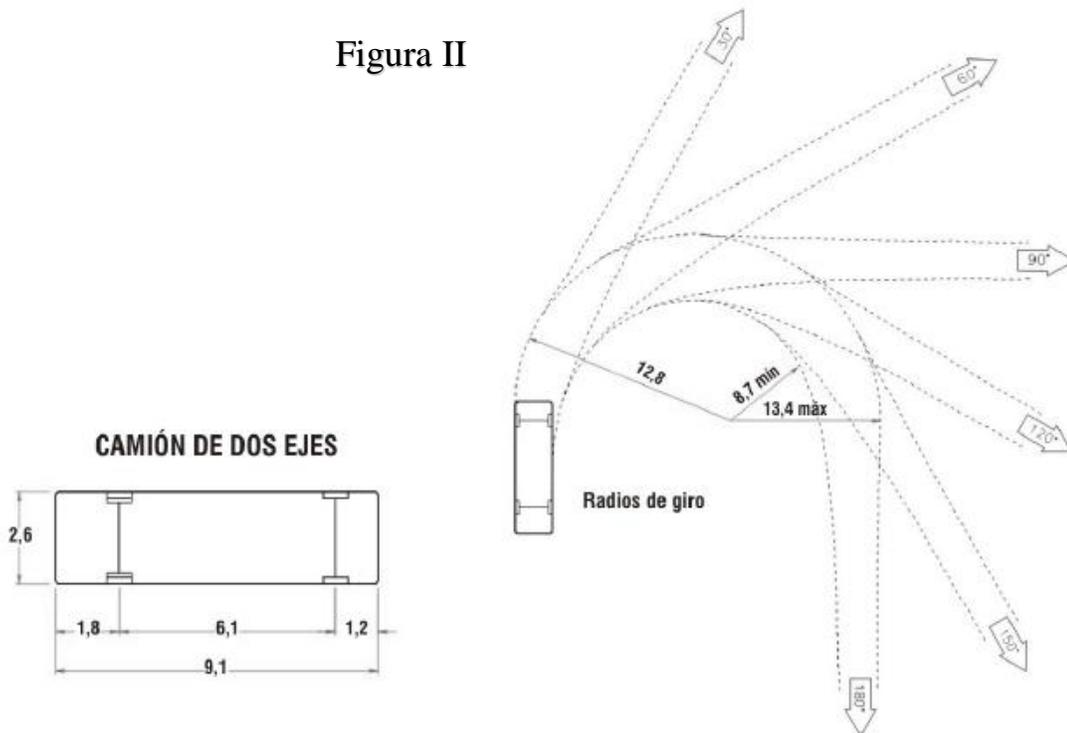


Figura II



Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (Volumen I)

Figura 6 Vehículo tipo: Bus y camión semirremolque

Figura III

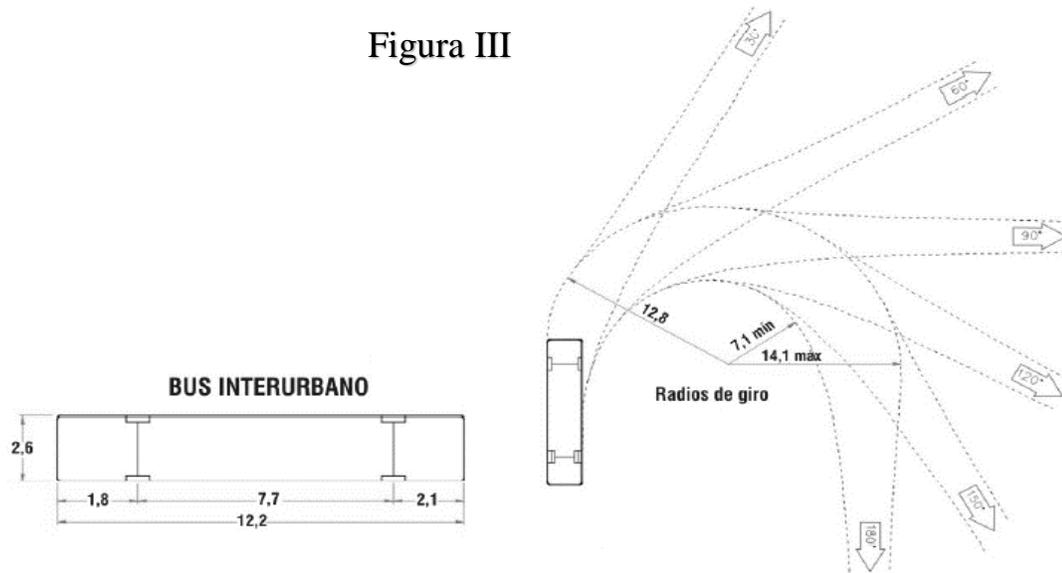
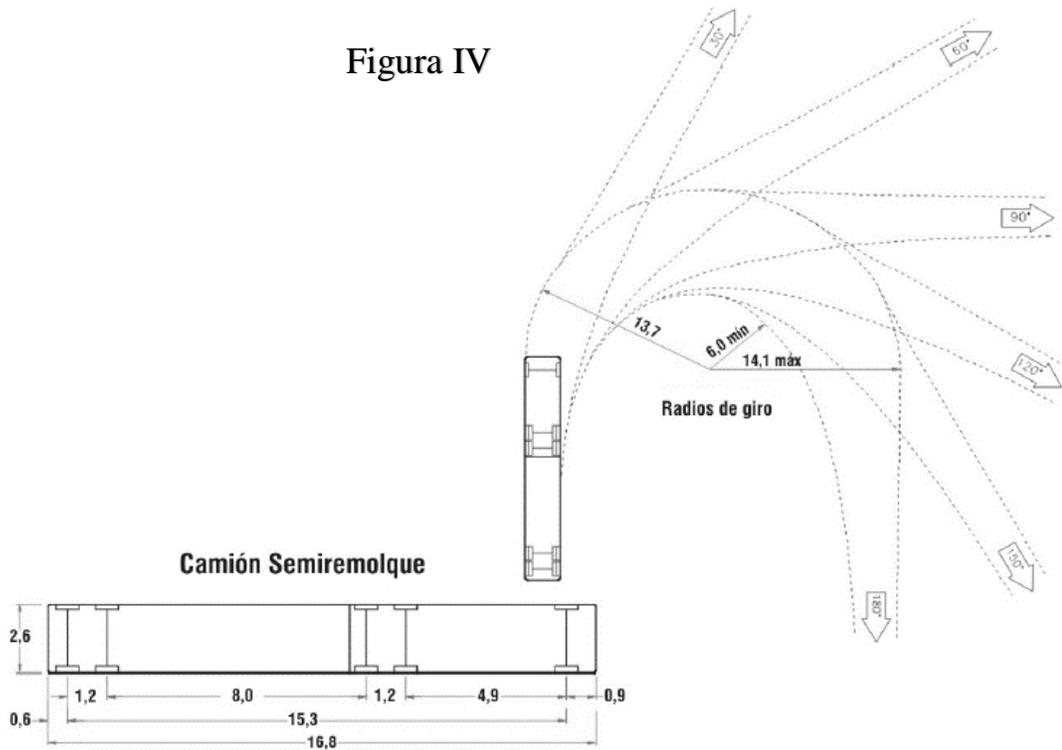


Figura IV



Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (Volumen I)

h = Altura focos delanteros: 0.60 m

h_1 = Altura ojos del conductor de un automóvil: 1.10 m

h_2 = Altura obstáculos fijo en la carretera: 0.20 m

h_3 = Altura ojos del conductor de camión o bus: 2.50 m

h_4 = Altura luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería:
0.45 m

h_5 = Altura del techo de un automóvil: 1.20 m

2.4.5 El comportamiento de los conductores

La apreciación de las aptitudes y actitudes de los conductores es esencial para el diseño adecuado y para la operación correcta de una vía. La conveniencia de un diseño depende más de la capacidad de la vía para ser usada segura y eficientemente que de cualquier otro criterio. Es indispensable que los diseños viales sean compatibles con las capacidades y limitaciones de los usuarios de tal forma que favorezca su desempeño.

Cuando el diseño es incompatible con las aptitudes de los conductores las oportunidades de que el conductor cometa errores se incrementa y empiezan a aparecer los accidentes y la operación deficiente.

Al estudiar los diversos elementos del diseño geométrico de las vías se tienen en cuenta las diversas aptitudes que los conductores muestran ante los aspectos físicos de la vía y son estas aptitudes parámetros básicos al determinar las distancias de visibilidad, longitudes de curvas horizontales y verticales, peraltes y sobre anchos.

Además de las aptitudes, capacidades y limitaciones físicas y mentales de los conductores se debe considerar los hábitos de conducción en la región. Como un ejemplo de estos hábitos o actitudes puede citarse la distancia entre un vehículo y el que le precede en una fila en marcha que acostumbran a guardar en la región la mayoría de los conductores.

En algunas poblaciones donde el crecimiento de la población y por ende el del parque automotor amerita la utilización de semáforos, se generará una serie de impactos, de

diversas índoles, tanto a los peatones como a los conductores. Es importante entonces en estos casos tomar las medidas adecuadas con el fin de evitar posibles accidentes y eventuales rechazos de los usuarios. Otro aspecto a tener en cuenta es la edad de los conductores, por ejemplo, en algunos países, principalmente los europeos, día a día crece el porcentaje de conductores con edades superiores a los 60 años. Esta situación obliga a revisar los tiempos de percepción y de reacción considerados para el análisis de las distancias de visibilidad tanto de parada como de adelantamiento.

De igual manera este aspecto puede ser importante en el diseño de la señalización. Aunque cada conductor presente un comportamiento particular en el manejo de su vehículo, en función de sus características físicas tales como edad, peso, altura, etc., y otras como educación y estado emocional, se presenta una generalización a elegir el trayecto en el que se alcance el destino, en el menor tiempo posible y con mayor seguridad, así la distancia no sea la más directa.

2.5 EL CONDUCTOR Y EL PEATÓN

2.5.1 El Proceso de conducción

Los conductores constituyen el elemento más importante en la circulación viaria. El movimiento de los vehículos en la carretera depende fundamentalmente de ellos, y la calidad de la circulación es el resultado de su mayor o menor habilidad para adaptar el movimiento de sus vehículos a las características de la carretera y de la circulación.

La forma de conducir de cada uno depende de innumerables variables que incluyen sus aptitudes, sus conocimientos y su actitud.

Por ello, el conocimiento del comportamiento de los conductores y de los factores que influyen en él es imprescindible para el estudio y control de la circulación en las carreteras, y para el planeamiento y proyecto de las redes viarias.

No obstante, se presentan grandes dificultades en estos estudios debido a la variabilidad de dichos factores, no solo de un conductor a otro, sino para un mismo conductor en circunstancias distintas. A diferencia de lo que ocurre en otros modos de transporte, solo una minoría de los conductores en las carreteras son profesionales.

Normalmente el conductor pretende desplazarse de un punto a otro con seguridad,

comodidad y rapidez. Para conseguirlo tiene que estar atento a las características de la carretera y al estado de la circulación, con objeto de tomar las decisiones adecuadas en los momentos precisos. Se desarrolla así un proceso continuo de recepción de datos, análisis de los mismos y toma de decisiones, cuyas principales etapas son las siguientes:

- ✓ Recepción de información sobre la circulación y la carretera. La mayor parte de esta información es visual, pero también puede recibirse a través de otros sentidos.
- ✓ Percepción de la situación existente. Las sensaciones recibidas tienen que ser interpretadas para poder identificarlas la situación existente.
- ✓ Análisis de la situación y toma de decisiones. Percibida la situación, el conductor debe comprenderla y adoptar decisiones.
- ✓ Puesta en práctica de las decisiones adaptadas.

Todo este proceso, desde que el conductor recibe la información hasta que el vehículo inicia a los mandos, necesita un cierto tiempo, que incluye el necesario para que se produzca la percepción y reacción del conductor, y el preciso para que tenga lugar la respuesta a los mandos del vehículo, que generalmente es mucho menor que el anterior.

Si el tiempo empleado en este proceso es demasiado largo o se produce un error, muy probablemente la acción ejecutada por el conductor no será ya adecuada en ese momento y puede incluso causar un accidente.

La recepción de las informaciones se realiza a través de los sentidos. La atención del conductor debe dividirse entre los distintos estímulos sensoriales presentes. Los seres humanos son capaces de pasar su atención de un estímulo a otro muy rápidamente, pero existe un límite al número de ellos a los que se puede atender simultáneamente.

El número de estímulos presentes por unidad de tiempo aumenta con la velocidad del vehículo por lo que es posible que cuando un conductor circule a una velocidad elevada no atienda a algunos de ellos. En estos casos, el conductor debería reaccionar reduciendo la velocidad hasta que pueda presentar atención a los que son necesarios. La mayor parte de los estímulos son visuales y su percepción se verá dificultada si disminuye la visibilidad.

Esta disminución puede ser debida a factores externos (niebla, lluvia, falta de luz, obstrucciones en el campo visual, etc.) o factores propios del conductor (defectos de visión, sueño, efectos del alcohol u otras sustancias, distracciones, etc.).

Las sensaciones recibidas a través de los sentidos deben ser interpretadas para poder, percibir la situación exterior. En muchos casos los seres humanos pueden reaccionar de forma directamente a través de mecanismos reflejos, y eso también sucede en situaciones como las de la circulación. Las situaciones muy complejas requieren más tiempo para ser percibidas, y ciertos aspectos de las mismas pueden no ser percibidos correctamente.

A continuación, el conductor debe analizar la situación percibida y adoptar las decisiones que crea conveniente. La decisión que tome finalmente dependerá del acierto de los razonamientos que haya realizado.

Estos serán tanto más acertados cuando más sencilla sea la situación y mayor sea la experiencia y habilidad del conductor; asimismo disminuirá el tiempo necesario para adoptar la decisión por los mismos motivos.

En sentido contrario influirá condiciones físicas o psíquicas anormales como el cansancio, el sueño, la ansiedad, las preocupaciones, el efecto de drogas, etc.

En algunos casos, el análisis de la situación puede faltar por completo si tan pronto como percibe la situación el conductor actúa de forma emocional, guiado por un sentido de pánico, frustración, ira, etc. Con resultados que pueden ser imprevisibles.

El conductor debe accionar los mandos necesarios (volante de la dirección, acelerador, pedal de freno, etc.) y necesita estar familiarizado con ellos para realizar esta operación rápidamente y sin errores. Para que el vehículo realice los movimientos deseados es necesario que los mandos actúen correctamente y con una demora corta desde que son accionados hasta que el vehículo inicia la respuesta.

2.5.2 Procesamiento de información

Una vez recogida y filtrada la información percibida, el conductor debe procesar en muy poco tiempo la información y determinar qué acción adoptar. Aquí juega un papel esencial la capacidad mental del usuario, la cual es limitada. Durante la conducción, el

usuario percibe mucha información, pero solo una pequeña parte es procesada. La situación ideal se da cuando la tasa de información es menor que la capacidad mental.

No obstante, si la cantidad de información percibida es demasiado baja, habrá una gran capacidad mental libre. Esta no es la mejor situación para el conductor, ya que bajo este supuesto el usuario tiende a ocupar esa capacidad libre para otro tipo de información que podría interferir con la información realmente relevante generando distracciones en los mismos y, por tanto, aumentando la probabilidad de accidentes.

La información procesada se almacena en un nivel muy superficial de la memoria. Esto quiere decir que el usuario es consciente de las curvas, las señales y el tráfico, pues responde adecuadamente a ellos, pero la información es finalmente olvidada después de un breve intervalo de tiempo.

2.5.3 Tiempo total de percepción y reacción

Es el tiempo que transcurre desde que un conductor recibe la información hasta que se inicia la respuesta del vehículo. El tiempo total necesario para este proceso varía de unos conductores a otros, e incluso en una misma persona de unas ocasiones a otras, ya que puede verse afectado por el estado físico y psíquico del conductor.

Como es lógico, las situaciones complejas necesitan un tiempo de percepción y reacción mayor, mientras que este tiempo disminuye al aumentar la intensidad de los estímulos sensoriales.

Por su importancia para el estudio del trazado y de la circulación en calles y carreteras se ha estudiado especialmente el tiempo de reacción en las maniobras de frenado. En experiencias realizadas con vehículos fijos o en pistas de ensayo, el tiempo de reacción obtenido fue alrededor de 0,5 segundos.

En ensayos realizados sobre vehículos moviéndose en carreteras en condiciones normales de tráfico, los valores obtenidos fueron sensiblemente superiores y varían entre 0,8 y 1 segundo.

En condiciones complejas, en que el conductor debe estimar las velocidades de otros vehículos, se necesita un cierto tiempo para analizar la situación, que hay de añadir a los de percepción y reacción. Así, cuando un vehículo sigue a otro que empieza a frenar

sin que funcionen sus luces de frenado, el tiempo de reacción del segundo vehículo estará entre los 2 y 3 segundos. Para tomar una decisión antes de iniciar un adelantamiento, el conductor puede necesitar hasta 3,5 segundos si las condiciones hacen difícil la decisión.

En casos de urgencia, los tiempos de reacción disminuyen, especialmente porque disminuye el tiempo de análisis y toma de decisión.

2.5.4 Visión del conductor

La mayor parte de la información necesaria para la conducción del vehículo la recibe el conductor por medio de la vista.

Por ello es imprescindible conocer algunas propiedades de la visión para comprender las, posibilidades que tiene el conductor de percibir su situación en la carretera, las condiciones del tráfico y otras informaciones necesarias, como la presencia de ayudas a la circulación (señales, etc.).

El conductor es capaz de percibir con claridad los objetos que caen dentro de un campo visual incluido en un cono de ángulo en el vértice de 11° a 18° . Se pueden considerar que existe un campo de visión descansada, que es el que abarca un rectángulo de 16 cm de base y 10 cm de altura situado a 50 cm delante de los ojos.

Fuera de este campo los objetos se distinguen menos claramente, y tanto menos cuando más se apartan de él. Debido al movimiento del vehículo, las imágenes de los objetos se desplazan en la retina del conductor.

Este desplazamiento es mayor cuando los objetos estén próximos al conductor, y aumenta proporcionalmente a la velocidad del vehículo. Mientras la velocidad de desplazamiento de la imagen es pequeña el conductor ve los objetos como inmóviles, y solo puede percibir su movimiento comparado sus posiciones sucesivas.

Cuando la velocidad de desplazamiento sobrepasa cierto valor, se percibe directamente el movimiento del objeto y si es necesario ese movimiento para poder distinguir con claridad sus detalles. Si la velocidad de desplazamiento es grande llega a ser imposible percibir estos detalles, viéndose solo una imagen borrosa.

Debido a este efecto, solo se percibirá como inmóviles los objetos que estén situados a

cierta distancia del conductor, y esta distancia será mayor al aumentar la velocidad del vehículo, lo que a altas velocidades supone una reducción del campo de visión clara. Se puede hablar por tanto de una visión dinámica, diferente de la estática.

Durante la noche, tanto si existe alumbrado en la carretera como si únicamente se utilizan los faros de los vehículos, el nivel de iluminación en la carretera es muy bajo, por lo que la capacidad visual de los conductores decrece.

Además, la visión puede ser obstaculizada por efecto del deslumbramiento producido por los faros de otros vehículos. Por la noche, los objetos se distinguen por las diferencias de brillo que hacen destacar sus siluetas.

Cuando se utilizan los faros como alumbrado, el eje del haz de luz es casi horizontal, y el conductor puede ver, aunque con un nivel de iluminación reducido, más de un centenar de metros delante de él, que pueden ser suficientes para mantener una velocidad normal. Pero el uso de este tipo de alumbrado tiene la desventaja de que produce el deslumbramiento de los conductores que circulan en sentido opuesto.

La capacidad visual nocturna se ve aún más afectada que la diurna por las circunstancias físicas o psíquicas del conductor. La fatiga ocular es mayor con niveles bajos de iluminación y también la fatiga general hace disminuir la capacidad visual.

Algunas personas padecen ceguera total o parcial, que les incapacita para conducir de noche.

2.5.5 Acción

Tras el procesamiento de la información percibida, el conductor debe tomar una decisión y emitir una respuesta. Esta acción depende de las condiciones, habilidades y nivel de estrés del conductor, así como del entorno y la propia carrera. La respuesta podría ser defectuosa incluso si la decisión es correcta. En este sentido, juega un papel fundamental la experiencia del conductor. Así, un conductor experimentado suele adoptar mejores decisiones o respuestas que un conductor inexperto.

2.5.6 Los peatones

En las zonas urbanas la mayoría de las calles son utilizadas conjuntamente por los peatones y los vehículos. Fuera de poblado, el tráfico de peatones está permitido en las

carreteras, aunque generalmente es muy reducido. En las autopistas, el tráfico de peatones está prohibido.

Dada la enorme diferencia entre la velocidad de los peatones y la de los vehículos, es preciso que ambas circulaciones estén separadas.

Esto se consigue destinando a los peatones una zona separada físicamente de la destinada a los vehículos. Pero en algunos sitios, los peatones tienen que cruzar la calzada destinada a los vehículos, por lo que aparece una zona de conflicto.

Por otra parte, el comportamiento de los peatones es menos predecible que el de los conductores. Además, es mucho más difícil regular el movimiento de los peatones que el de los vehículos. Esto es especialmente cierto en zonas urbanas donde los peatones tienden a considerar a los vehículos como intrusos en su propio terreno, y a pensar que las leyes de tráfico se refieren exclusivamente a los vehículos.

También es cierto que la mayoría de los reglamentos de tráfico se conceden poca atención a los peatones, y la policía no suele sancionarlos, dadas las dificultades que esto acarrea. En las carreteras interurbana, los peatones son bastantes más cuidadosos bien porque la situación es más peligrosa para ellos, bien porque piensan que se encuentra en zona de vehículos y que los intrusos son ellos.

Especialmente en las zonas urbanas, el tráfico combinado de peatones y vehículos puede dar lugar a accidentes por las razones expuestas. Este tipo de accidente (atropello de peatones por vehículos) es particularmente grave, ya que incluso cuando el vehículo se mueve a una velocidad moderada el peatón puede resultar gravemente herido.

Para evitar en lo posible estos accidentes y permitir que el tráfico de peatones sea cómodo, es necesario disponer zonas especiales para ellos, como aceras o paseos. Para proyectarlas adecuadamente es necesario conocer las características del movimiento de los peatones y la influencia que en el mismo tiene características como edad, sexo y motivo de recorrido, etc.

Una situación similar se presenta en las vías donde circulan ciclistas, que también se mueven a velocidades menores que los coches y están desprotegidos en caso de colisión. No es conveniente que circulen por las aceras peatonales porque su velocidad

es mayor que la de los peatones, por lo que cuando el tráfico de bicicletas tiene importancia se hace preciso emplear carriles especiales para ciclistas, separados tanto del tráfico automóvil como del de los peatones.

2.6 DISEÑO GEOMÉTRICO

Se entiende por diseño geométrico de una carretera al proceso de correlacionar sus elementos físicos-tales como los alineamientos, pendientes, distancias de visibilidad, peralte, ancho de carril; con las características de operación, facilidades de frenado, aceleración, condiciones de seguridad, etc.

Así definido, el diseño geométrico abarca el diseño de todos los aspectos de una carretera, excepto los elementos referentes a los elementos estructurales. Es a través del diseño geométrico que datos que son expresiones cuantitativas de la naturaleza, requerimientos e idiosincrasia de los hombres, características de los vehículos y usos de la tierra, se combinan para dar configuración a una vía que, dentro de las limitaciones económicas impuestas, satisfaga la demanda reflejada por estos datos.

Los criterios para el diseño geométrico de las carreteras se basan en una extensión matemática racional del diseño del vehículo y de sus características de operación, así como en el uso de los principios de la geometría de la física. Incluyen no solamente cálculos teóricos, sino también los resultados empíricos deducidos de numerosas observaciones y análisis del comportamiento de los conductores, reacciones humanas y capacidad de las carreteras.

A fin de establecer relaciones matemáticas, en muchas ocasiones se hace necesario formular hipótesis arbitrarias referentes a la velocidad y otros parámetros. Estas hipótesis, a través de un proceso de verificación, han contribuido a la solución de un gran número de problemas de diseño.

El diseño de carretera está orientado a definir todos los aspectos geométricos y estructurales de tal forma que una faja de terreno sea acondicionada para el tránsito vehicular.

El diseño geométrico o trazado comprenderá todos los elementos y factores que orienten a establecer un trazo definitivo entre dos o más puntos.

2.6.1 Las calzadas

Una calzada es una banda material y geoméricamente definida, de tal modo que su superficie pueda soportar un cierto tránsito vehicular y permitir desplazamientos cómodos y seguros de los mismos.

La calzada está formada por dos o más carriles. Un carril será entonces cada una de las divisiones de la calzada que pueda acomodar una fila de vehículos transitando en un sentido. En el caso de carreteras o caminos con calzada bidireccional de dos carriles, cada uno de ellos podrá ser utilizado ocasionalmente por vehículos que marchan en el sentido opuesto, en el momento en que adelanten a otros más lentos.

Sino no existe pavimento, calzada y berma se confunden y prestan el mismo servicio; sin embargo, desde el punto de vista de la definición transversal, ellas quedarán limitadas por los sobrecanchos de la plataforma, cuyas especificaciones técnicas serán distintas a las del resto de plataforma.

2.6.1.1 Anchos de calzada y plataforma

En la **Tabla 3.1-1** de la Administradora Boliviana de Carreteras se resumen los Anchos de Plataforma en Terraplén y de los elementos que la constituyen, dados en función de la categoría de la vía y de la velocidad de proyecto que le corresponde.

Las bermas, sobrecanchos de plataforma (SAP) y cantero central, que se definen más adelante poseerán anchos definidos en función de la categoría y velocidad de proyecto.

2.6.2 Ancho de bermas

Las bermas son las franjas que flaquean el pavimento de las calzadas. Ellas pueden ser construidas con pavimento de hormigón, capas asfálticas, tratamiento superficial, o simplemente ser una prolongación de la capa de grava en los caminos no pavimentados.

El ancho normal en caminos locales con $V_p=40$ Km/h es de 0.5 m, el que en conjunto con el SAP (sobrecanchos de la plataforma) proveen una plataforma de 8.0 m.

En caminos de desarrollo que normalmente no poseerán pavimento superior, se podrá prescindir de las bermas existiendo solo el SAP como complemento para asegurar la estabilidad y adecuada compactación de la calzada.

Los anchos normales de las bermas se dan en la **Tabla 3.1-1** asociados a la categoría de la ruta y V_p correspondiente, pudiendo usarse el valor inferior del rango para tránsitos muy moderados en terreno de topografía restrictiva, decisión que deberá adoptarse previa autorización de la Administradora Boliviana de Carreteras.

2.6.3 La sección transversal pendientes

La sección transversal de una carretera o camino describe las características geométricas de estas, según un plano normal a la superficie vertical que contiene el eje de la carretera.

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

La Tabla 8 especifica estos valores indicando en algunos casos un rango dentro del cual el proyectista deberá moverse, afinando su elección según los matices de la rugosidad de las superficies y de los climas imperantes.

Tabla 8 Bombeos de la Calzada

Tipo de Superficie	Pendiente Transversal	
	$(I'_{10} \leq 15 \text{ mm/h (1)})$	$(I'_{10} > 15 \text{ mm/h (1)})$
Pav. de hormigón o asfalto	2	2,5
Tratamiento superficial	3,0 (2)	3,5
Tierra, grava, chancado	3,0 - 3,5 (2)	3,5 - 4,0

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (Volumen I)

Nota:

- (1) Determinar mediante estudio hidrológico
- (2) En climas definitivamente desérticos, se pueden rebajar los bombeos hasta un valor límite de 2,5%.

2.6.4 Curvas circulares

Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivos, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.

2.6.4.1 Elementos de la curva circular

Los elementos y nomenclaturas de las curvas horizontales circulares que a continuación se indican, deben ser utilizadas sin ninguna modificación y son los siguientes:

P. C. = Punto de inicio de la curva

P.I. = Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas

P.T = Punto de tangencia

E = Distancia a externa (m)

M = Distancia de la ordenada media (m)

R = Longitud del radio de la curva (m)

T = Longitud de la subtangente (P.C a P.I y P.I a P.T.) (m)

L = Longitud de la curva (m)

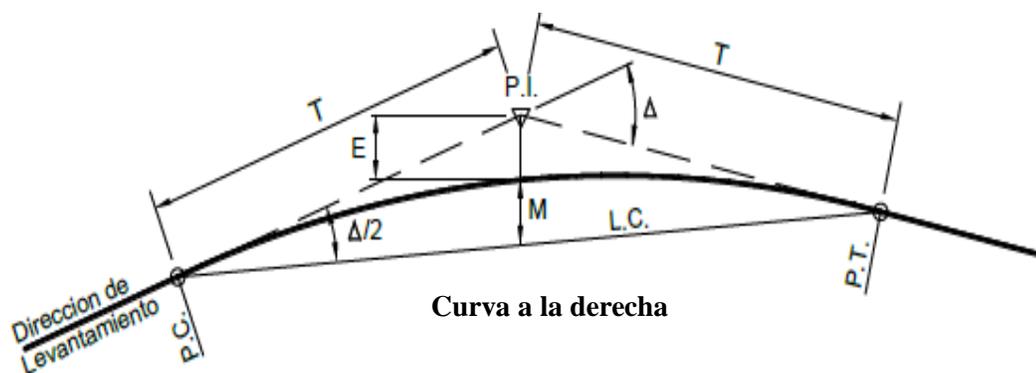
L.C. = Longitud de la cuerda (m)

Δ = Ángulo de deflexión ($^{\circ}$)

P = Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada,
asociado al diseño de la curva (%)

Sa = Sobreechancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento
de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva (m)

Figura 7 Simbología de la curva



Fuente: (MTC, DG-2018)

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$L.C. = 2 R \sin \frac{\Delta}{2}$$

$$L = 2 \pi R \sin \frac{\Delta}{360}$$

$$M = R [1 - \cos(\Delta/2)]$$

$$E = R [1 - \sec \left(\frac{\Delta}{2} \right) - 1]$$

2.6.4.1.1 Radios mínimos

Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad, para cuyo cálculo puede utilizarse la siguiente formula:

$$R_{mín} = \frac{v^2}{127 (P_{máx} + f_{máx})}$$

Donde:

Rmín = Radio mínimo

V = Velocidad de diseño

Pmáx = Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno)

Tabla 9 Valores máximos para el peralte y la fricción transversal

	emáx	f
Camino Vp 30 a 80 km/h	7%	0,265 - V/602,4
Carreteras Vp 80 a 120 km/h	8%	0,193 - V/1134

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (Volumen I)

Tabla 10 Radios mínimos absolutos en curvas horizontales

Caminos colectores - locales - desarrollo			
Vp	emáx	f	Rmín
km/h	(%)		(m)
30	7	0,215	25
40	7	0,198	50
50	7	0,182	80
60	7	0,165	120
70	7	0,149	180
80	7	0,132	250
Carreteras - autopistas autorrutas - primaria			
80	8	0,122	250
90	8	0,114	330
100	8	0,105	425
110	8	0,096	540
120	8	0,087	700

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (Volumen I)

2.6.5 Curvas verticales

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólica cuando la diferencia 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

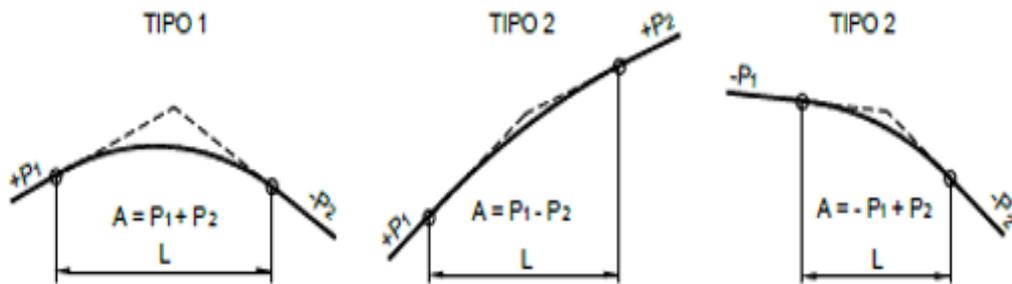
A = Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

2.6.5.1 Tipos de curvas verticales

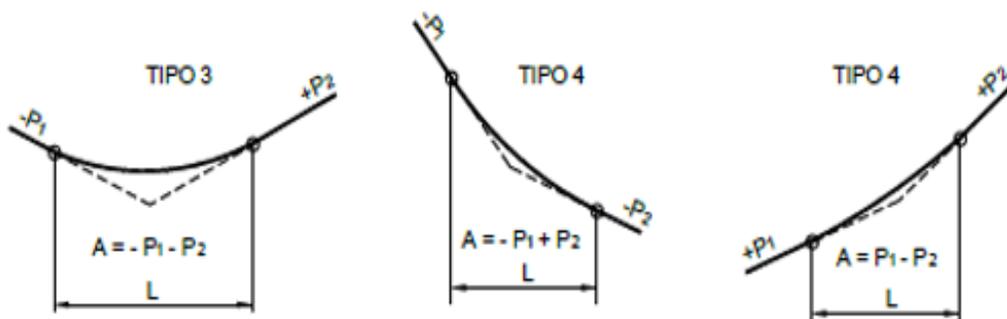
Las curvas verticales se pueden clasificar por su forma como curvas verticales convexas y cóncavas y de acuerdo con la proporción entre sus ramas que las forman como simetría y asimetría. En la figura 8 se indican las curvas verticales convexas y cóncavas.

Figura 8 Tipos de curvas verticales y cóncavas

Curvas verticales convexas



Curvas verticales cóncavas



Fuente: (MTC, DG-2018)

Donde:

P_1 = Pendiente de entrada

P_2 = Pendiente de salida

A = Diferencia de pendientes

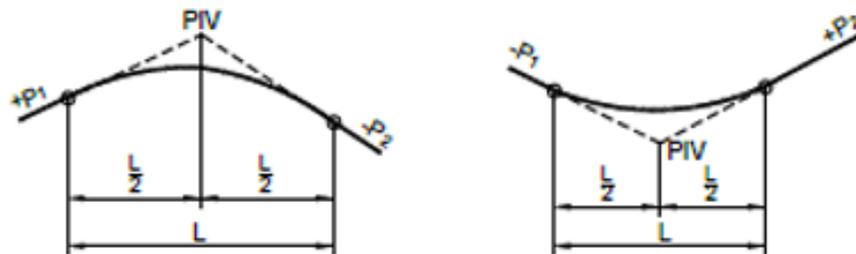
L = Longitud de la curva

K = Variación por unidad de pendiente $K = \frac{L}{A}$

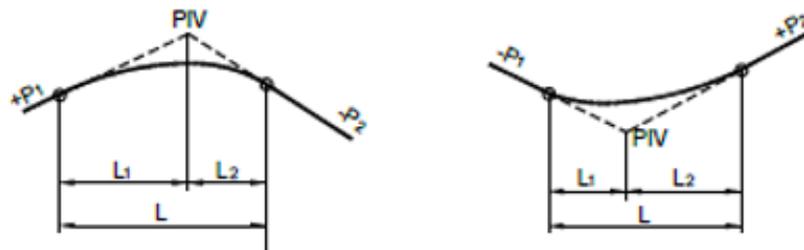
2.6.5.1.1 Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas

Figura 9 Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas

Curvas verticales simétricas



Curvas verticales asimétricas



Fuente: (MTC, DG-2018)

Donde:

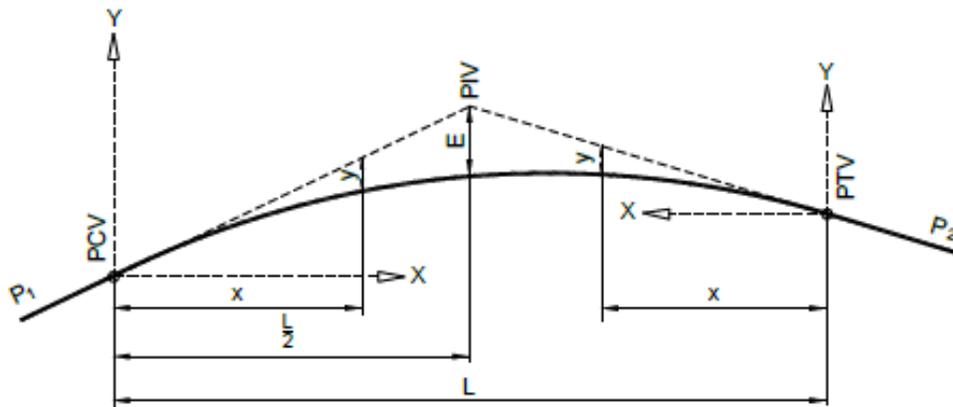
L = Longitud de la curva

L_1 = Longitud rama de entrada

L_2 = Longitud rama de salida

La curva vertical simétrica está conformada por dos parábolas de igual longitud, que se unen en la proyección vertical del PIV. La curva vertical recomendada es la parábola cuadrática, cuyos elementos principales y expresiones matemáticas se incluyen a continuación, tal como se aprecia en la figura 10.

Figura 10 Elementos de la curva vertical simétrica



Fuente: (MTC, DG-2018)

Dónde:

PCV= Principio de la curva vertical

PTV= Término de la curva vertical

L = Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal(m)

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

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

A = Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%)

$$\mathbf{A = [S_1 - S_2]}$$

E = Externa, Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m), se determina con la siguiente fórmula:

$$\mathbf{E = \frac{AL}{800}}$$

X = Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o PTV

Y = Ordenada vertical en cualquier punto, también llamada corrección de la curva vertical mediante la siguiente formula:

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

2.6.5.2 Longitud mínima de curvas verticales

Por condición de comodidad y estética, la longitud mínima de las curvas verticales está dada por:

$$2 T(\text{m}) \geq | V_p (\text{km/h}) |$$

Es decir, el desarrollo mínimo de la curva vertical será el correspondiente al número de metros que representa la velocidad de proyecto de la carretera, expresada en km/h. En los casos en que la combinación parámetro mínimo ángulo de deflexión θ no cumple con esta condición de desarrollo mínimo, se determinará el parámetro mínimo admisible a partir de:

$$K = 2 T \text{ mínimo} / \theta = v_p / \theta$$

2.6.6 Distancia de visibilidad y maniobras asociadas

2.6.6.1 Aspectos generales

Una carretera o camino debe ser diseñada de manera tal que el conductor cuente siempre con una visibilidad suficiente como para ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar.

En general, el conductor requiere de un tiempo de percepción y reacción para decidir la maniobra a ejecutar y un tiempo para llevarlo a cabo. Durante este tiempo total, el o los vehículos que participan en la maniobra recorren distancias que dependen de su velocidad de desplazamiento y que determinan, en definitiva, las distintas distancias de visibilidades requeridas en cada caso.

Se distinguen para el diseño cinco tipos de visibilidad, bajo distintas circunstancias impuestas por el trazado de la carretera o la maniobra que se desea.

Los casos básicos son:

- Visibilidad de frenado
- Visibilidad de adelantamiento
- Visibilidad al punto de atención
- Visibilidad en intersecciones
- Visibilidad para cruzar una carretera o camino

2.7 Visibilidad

2.7.1 Aspectos generales

Cuando un conductor se desplaza por una carretera necesita extraer de su entorno unos indicadores visuales que faciliten su tarea de conducir.

Éstos pueden ser de muy distinta naturaleza:

- ✓ Los que sirven de guía en la perspectiva que percibe: la plataforma (en especial, las marcas viales que delimitan la calzada), las márgenes visibles, las eventuales construcciones.
- ✓ Los que proporcionan una información: la señalización vertical y horizontal, el balizamiento, la publicidad.
- ✓ Los que conforman el entorno: los demás usuarios, la presencia de elementos característicos (las aceras que se identifican con un entorno urbano, una mediana que denota una carretera con calzadas separadas), el tipo de los nudos, las dotaciones viarias y el mobiliario urbano.

A fin de que el conductor los pueda tener en cuenta, estos indicadores le deben resultar visibles sean cuales fueren las circunstancias ambientales (de día, de noche, con lluvia, con niebla, etc.).

La propia calzada de la carretera que un conductor percibe, y los objetos que, en ella, puede haber (otros vehículos, peatones, obstáculos, chacos, etcétera), constituye el más importante indicador visual.

De esto tratan las habituales referencias a la visibilidad al hablar del trazado, y en este sentido se definen:

- ✓ Una visibilidad disponible, la cual se extiende desde la posición del conductor hasta la del objeto o elemento percibido más distante sin que la visual se interrumpa por un elemento del entorno (la propia plataforma de la carretera o sus explanaciones, otros usuarios, la presencia de vegetación, dotaciones viarias o mobiliario urbano).
- ✓ La visibilidad disponible es una característica propia de cada punto de la carretera, y puede ser medida (siempre en planta) directamente en ella o sobre los planos que la representan; en general no se mide directamente a lo largo de la visual, sino según el camino que recorrerán los vehículos involucrados en la maniobra
- ✓ Análogamente a como se define el trazado, la visibilidad disponible se puede estudiar por separado en planta y en alzado.
- ✓ Una visibilidad necesaria para que el conductor pueda circular y efectuar ciertas maniobras lícitas en unas condiciones adecuadas de seguridad o de comodidad. Su valor ya no es fijo, sino que depende de la velocidad que lleven los vehículos involucrados en la maniobra.

Su estimación se facilita por el empleo de modelos matemáticos, generalmente deterministas, aunque se empiezan a utilizar los estocásticos. Resulta intuitivo que la visibilidad disponible no debería ser inferior a la necesaria para la maniobra de que se trate. Sin embargo, se ha comprobado que la falta de visibilidad no incita a los conductores a reducir su velocidad, sino a asumir un riesgo mayor.

Por otro lado, en algunos casos no parece comprobada la relación entre la visibilidad y la frecuencia de los accidentes. Puede ser interesante considerar las visibilidades expresadas en segundos, es decir, referidas al tiempo necesarios para recorrer la distancia de visibilidad a la velocidad específica (V85) del tramo.

La experiencia indica que:

- ✓ Para permitir una buena anticipación de las maniobras, la visibilidad disponible no debería bajar de 10 o 12 s. Para cruzar una trayectoria, o converger con ella

- ✓ sin disponer de un carril de aceleración, se necesitan de 6 a 8 s para un coche, y más para un vehículo pesado o largo. Al abordar una curva una visibilidad inferior a 3 s, suele contribuir a que se produzcan accidentes. En este caso, la velocidad de referencia es la de, aproximación, no la específica de la curva.
- ✓ En otros puntos delicados (por ejemplo, el final de un carril adicional), la visibilidad mínima está entre 4 y 10 s, según la dificultad del trazado.

2.8 DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO

La distancia de adelantamiento “Da” equivale a la visibilidad mínima que requiere un conductor para adelantar a un vehículo inferior a la de proyecto, esto es, para abandonar su carril, sobrepasar el vehículo adelantando y retornar a su carril en forma segura, sin afectar la velocidad del vehículo adelantando ni la de un vehículo que se desplace en sentido contrario por el carril utilizado para el adelantamiento.

De lo expuesto se deduce que la visibilidad de adelantamiento se requiere sólo en caminos con carriles para tránsito bidireccional. En carreteras no será necesario considerar en el diseño el concepto de distancia de adelantamiento, bastando con diseñar los elementos para que cuenten con la visibilidad de frenado.

Tabla 11 Distancia mínima de adelantamiento

Velocidad de proyecto km/h	Distancia mínima de adelantamiento (m)
30	180
40	240
50	300
60	370
70	440
80	500
90	550
100	600

Fuente: Administradora Bolivia de Carreteras

2.9 CONSISTENCIA EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO

La consistencia del diseño es la conformidad de la geometría de una carretera y características operativas con expectativa del conductor.

Medidas que se han utilizado para evaluar la coherencia del diseño, son cambios en la velocidad prevista del percentil 85, información del conductor manejo, carga de trabajo del conductor, cambios previstos de seguridad vial y posicionamiento de carriles.

La coherencia con respecto a estas medidas puede ayudar a asegurar que se desarrollen diseños de carreteras que minimicen el potencial de error del controlador.

La consistencia en el diseño implica que la geometría de una carretera o su diseño no violan ni la expectativa del conductor (sobre la carretera) o la habilidad del conductor para guiar y controlar se vehículo de manera segura.

Mantener la consistencia en el diseño es muy importante, ya que es cierto que los conductores cometen pocos errores de conducción en características geométricas de la carretera que se encuentran dentro de sus expectativas que en aquellas que vulneran sus expectativas. Existe una relación entre la seguridad y la consistencia del diseño, de ahí su gran importancia.

Las inconsistencias que pueden existir en una carretera producto de un repentino cambio en las características geométricas de la misma, estas consiguen sorprender a los conductores llevándolos a cometer errores. De estos errores resultan maniobras críticas y un desfavorable nivel de riesgo de accidentes.

Las inconsistencias surgen cuando el carácter general de un alineamiento cambia entre segmentos de la carretera. Un alineamiento consistente asegura que la mayoría de los conductores son capaces de conducir de una manera segura a la velocidad elegida por el a lo largo de todo el alineamiento.

“La consistencia del diseño geométrico de una vía de doble calzada, se medirá mediante la obtención de la velocidad de operación de los vehículos que circulan por la misma.”

Se han desarrollado varios métodos y modelos, para evaluar la consistencia puede ser la velocidad de diseño, pues con ella se restringen inconsistencias geométricas. Pero en la actualidad el método más utilizado es el de modelos de perfil de velocidad basados

en la velocidad de operación, en las que para un solo elemento geométrico la consistencia se evalúa comparando la velocidad de diseño (V_d) y la velocidad de operación (V_{85}); mientras que para elementos geométricos sucesivos la consistencia se evalúa con la velocidad de operación de estos elementos.

Un perfil de velocidad es básicamente un gráfico de velocidades de operación en el eje vertical frente a la distancia a lo largo de la calzada en el eje horizontal. Este perfil se obtiene midiendo las velocidades de operación de los elementos geométricos sucesivos, de los alineamientos horizontal y vertical. Este perfil de velocidad se obtiene mediante métodos de regresión que relacionan la velocidad de operación y las características geométricas; en el caso de las carreteras existentes, se obtienen mediante la distribución de velocidades de los usuarios.

En los modelos de perfil de velocidad se utiliza el concepto de velocidad de operación para analizar la consistencia en el diseño, pues es la velocidad que muestra el desempeño real de los conductores, a la cual los conductores operan sus vehículos en condiciones de flujo libre.

La medida más frecuentemente utilizada de la velocidad de operación, que corresponde al percentil 85 de la distribución de velocidades observadas asociadas a un sitio de la carretera y sus condiciones geométricas. Cuando en el perfil de velocidad hay grandes diferencias de velocidades de operación entre las características sucesivas del alineamiento, se dice que hay inconsistencias en el diseño.

Los conductores adoptan su evolución, principalmente su velocidad en función de las características que perciben de la carretera y del entorno. Por tanto, la geometría de la misma condiciona de forma importante, pero también la orografía del terreno colindante y la densidad urbanística del entorno. No será igual la velocidad que esperen poder desarrollar en una autopista que en una carretera de calzada única, ni en una orografía llana que ondulada o accidentada.

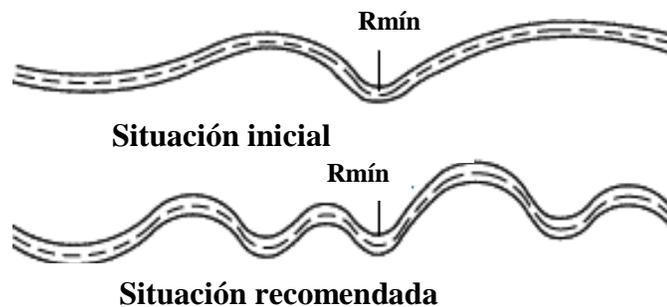
Al ser la consistencia la relación entre el comportamiento de la vía y lo que el conductor espera de la misma, un alto grado de consistencia implica que la carretera se ajusta mucho a las expectativas del conductor, por lo que no se generaran sorpresas. En cambio, una mala consistencia implica que el comportamiento que permite la carretera

es muy diferente a dichas expectativas, generando sorpresas en el conductor y presentando por tanto un mayor riesgo potencial de aparición de accidentes.

2.9.1 Combinaciones recomendables

Cuando se presenten variaciones en el tipo de terreno que obliguen a la ubicación de curvas horizontales y verticales con parámetros cercanos al mínimo, se debe generar una transición de la geometría en las zonas adyacentes, de tal forma que se facilite a los conductores realizar los ajustes necesarios a la velocidad.

Figura 11 Transición de geométrica en zonas adyacentes a curvas horizontales y verticales



Fuente: (MTC DG-2018)

2.9.2 Evaluación de diseño

Los diseños de carreteras se pueden evaluar para detectar posibles inconsistencias con respecto a la velocidad del percentil 85. FHWA ha desarrollado una herramienta que se puede utilizar para predecir donde ocurre grandes cambios en el percentil 85, la velocidad puede ocurrir en caminos rurales de dos carriles: el interactivo Modelo de Diseño de Seguridad vial (IHSDM), este modelo permite al usuario detectar ubicaciones donde los cambios en la velocidad 85 porcentual pueda dar lugar a problemas de seguridad completamente, en la calzada.

Estas inconsistencias de diseño relacionadas con los cambios previstos de seguridad, velocidad y posicionamiento de carril se pueden encontrar reglas para detectar inconsistencias de diseño relacionadas con la sección transversal, horizontal y alineamiento vertical, distancia visual.

La mayoría de los criterios desarrollados para la evaluación de la consistencia del,

diseño geométrico y las investigaciones relacionadas con ellos se pueden clasificar en cuatro ámbitos principalmente estudio de la velocidad de operación, los índices de trazado, la estabilidad del vehículo y la carga de trabajo del conductor (Ng y Sayed, 2004; Awata y Hassan, 2002).

2.9.2.1 Criterios de evaluación basados en la estabilidad del vehículo

La estabilidad vehicular es una importante medida de la consistencia del diseño geométrico. De hecho, en gran número de casos los accidentes por salida de calzada y choques frontales pueden atribuirse a un insuficiente rozamiento transversal en la curva. El diseño de estos elementos viola la habilidad del conductor para guiar y controlar su vehículo adecuadamente y, por tanto, no se ajusta a las expectativas de los conductores. Es por ello que en las zonas en las que no se proporciona suficiente estabilidad al vehículo pueden considerarse inconsistentes.

La diferencia entre rozamiento transversal movilizado y demandado (Δf_R) se utiliza usualmente para representar la estabilidad vehicular.

$$\Delta f_R = f_R - f_{RD}$$

Donde:

f_R = Rozamiento transversal movilizado

f_{RD} = Es el rozamiento transversal demandado

Lamm et al. (1999) desarrollaron un modelo para la evaluación de la consistencia a partir de ciertos defectos en su concepción, es el más extendido en cuanto a dinámica vehicular por su simplicidad. En él, el rozamiento transversal movilizado se calcula en función de la velocidad de diseño, mientras que el rozamiento transversal demandado se basa en la velocidad de operación, radio y peralte de la curva.

$$f_R = 0.22 - 1.79 \times 10^{-3} * V_d + 0.56 \times 10^{-5} * V_d^2$$

$$c = \frac{V_{85}^2}{127 * R} - e$$

Donde:

V_d = Velocidad de diseño (Km/h)

V_{85} = Velocidad de operación (Km/h)

R = Radio de la curva (m)

e = Peralte de la curva

Este modelo asume los siguientes niveles de consistencia en función de Δf_R :

Tabla 12 Umbrales para la determinación de los niveles de consistencia del diseño geométrico. Criterio III de Lamm

Criterios III de Lamm		
Buena	Aceptable	Pobre
$\Delta f_R \geq 0.01$	$0.01 > \Delta f_R \geq -0.04$	$\Delta f_R < -0.04$

Fuente: Lamm et al.

Este modelo se basa únicamente en un parámetro (la velocidad de diseño), lo cual lo hace muy sencillo de utilizar, pero, a la vez, muy simple para reflejar el efecto real.

Del mismo modo, la definición de f_{RD} presenta deficiencias en cuanto a la validez de la simplificación del problema de fricción, ya que considera la masa del vehículo concentrada en un punto, con lo que se ignora la interacción entre pavimento y neumático, además de la distribución de fuerzas de fricción en los diferentes neumáticos del vehículo. Por otra parte, este modelo no tiene en cuenta el carácter tridimensional de la carretera.

La variación del margen de seguridad en un trazado de carreteras será generalmente función de la variación de peralte de las curvas que lo componen. De este modo, es posible computar para todas las curvas de un trazado su margen de seguridad, calcular la media y la desviación típica de dicho margen. Con los resultados obtenidos se identificará una mayor consistencia del trazado cuando se presente una menor dispersión y se supondrá una mayor seguridad cuanto mayor sea este margen.

2.9.2.2 Criterios de evaluación basados en los índices de trazado

Una simplificación para la evaluación de la consistencia del diseño geométrico consiste en la reducción de las variables geométricas de un trazado a unos parámetros, conocidos como índices de trazado de fácil cálculo y que representan el carácter general

de la carretera (Anderson et al. 1999).

Observando el comportamiento de estos índices es posible identificar inconsistencias en el trazado, por ejemplo, buscando importantes variaciones de alguno de estos índices.

A continuación, se presenta una lista de los índices de trazado más utilizados en diversas investigaciones para la evaluación de la consistencia:

- Índices de trazado horizontales
 - Tasa de cambio de curvatura (CCR)
 - Grado de curvatura (DC)
 - Ratio entre la longitud de tramos curvos y la vía (CL= RL)
 - Radio medio (AR)
 - Recta media (AT)
 - Relación radio y radio medio (CRR)
 - Ratio entre el radio mayor y el menor (RR)
 - Ratio entre la longitud de una recta y la longitud medio de rectas (TL=AT)
- Índices de trazado verticales
 - CCR vertical (V CCR)
 - Curvatura vertical media (AVC)
 - Pendiente media (V AG)
- Índices combinados
 - Combinación CCR

Como se ha comprobado, una de las principales ventajas de los índices de trazado es que son sencillos de entender y aplicar. Además, permiten condensar en un único valor aspectos de la geometría en planta y en alzado, considerando el efecto conjunto y no de forma individualizada, como suele realizarse generalmente.

2.9.2.3 Criterios de evaluación basados en la carga de trabajo del conductor

La carga de trabajo puede definirse como la medida del esfuerzo mental que una persona ejerce cuando se dedica a una actividad, independiente de la dificultad que tenga la misma. De este modo, los criterios que se centran en evaluar la consistencia a partir de la carga de trabajo lo hacen a partir de medir la cantidad de información que le llega al conductor por parte de la vía.

Según el diseño de un tramo de vía, este puede suponerse para el conductor mayor o menor carga de trabajo, siendo la condición óptima cuando la carga transmitida es media, puesto que una baja carga de trabajo podría provocar distracción mientras que una alta carga hace que el conductor no pueda procesar toda la información, sufriendo por tanto sorpresas. En la tarea de conducción a medida que la carga de trabajo aumenta, el conductor puede experimentar diferentes cargas de trabajo:

- Reducida, en este caso el rendimiento de las personas es también reducido y parte de la información se pierde debido a la falta de atención. Este caso puede producirse cuando se circula a baja velocidad por una autopista de altas prestaciones con un entorno llano. Los conductores en esta situación tienden a distraerse ocasionando accidentes dispersos en el espacio.
- Media, a medida que la carga de trabajo aumenta, el rendimiento de las personas en la tarea aumenta hasta un punto de rendimiento óptimo.
- Alta, al superar el punto óptimo, el rendimiento desciende bruscamente debido a la gran cantidad de información a procesar. En la tarea de conducción, este tipo de comportamiento está ligado fundamentalmente al incumplimiento de las expectativas de los conductores, es decir a la falta de consistencia. De hecho, Wooldridge (1994) identificó como peligrosos aquellos emplazamientos que requerían una gran carga de trabajo, así como los que implicaban un súbito aumento del nivel de atención por parte del conductor.

La evaluación de la consistencia basada en la carga de trabajo del conductor puede ajustarse mucho mejor al fenómeno real que la basada en la velocidad de operación, ya que está relacionada con el esfuerzo mental que el factor infraestructura supone para el

conductor mientras que la velocidad de operación es solo uno de los outputs observables de la tarea de conducción. Sin embargo, esta variable es mucho más difícil de definir y cuantificar. Hay diferentes procedimientos que pueden utilizarse para conseguir una aproximación de la carga de trabajo existente en un tramo de carretera, basados en la distancia de visibilidad, la demanda visual, las escalas subjetivas de percepción y la medición de variables psicológicas.

Las limitaciones de visibilidad incrementan la carga de trabajo de los conductores al necesitar actualizar la información relativa a la carretera con mayor frecuencia y procesarla en menos tiempo (Ng y Sayed, 2004). Sin embargo, apenas hay investigaciones al respecto mientras que sí que hay varios estudios que han analizado el potencial de la demanda visual como medida de la carga de trabajo.

La demanda visual puede definirse como la cantidad de información visual que un conductor necesita para mantener un adecuado control de su vehículo sobre la vía. Para su determinación se han llevado a cabo diferentes investigaciones cuyo objetivo ha sido desarrollar modelos empíricos que permitan estimar la carga de trabajo relacionando la demanda visual del conductor con parámetros del trazado. Debido a la variabilidad de parámetros que caracterizan un trazado y de los procedimientos que permiten simular la demanda visual de los conductores, existe una gran cantidad de modelos para la estimación de este parámetro.

Una de las técnicas utilizadas consiste en medir el tiempo total de conducción que los conductores necesitan para mirar la carretera. Para ello, Krammes et al. (1995) utilizaron la técnica de oclusión visual, consistente en que los conductores cierran los ojos y los vuelven a abrir únicamente cuando piensan que es necesario extraer información de la carretera para guiar el vehículo. El tiempo durante el que los conductores son incapaces de mantener la vista fuera de la carretera se relaciona con la carga de trabajo, con lo que se estableció una relación entre la carga de trabajo y el grado de curvatura para curvas horizontales.

$$\mathbf{WL = 0.193 + 0.016*DC} \qquad \mathbf{R^2 = 0.90}$$

Donde:

WL= "Workload", carga de trabajo media en la curva (%)

DC= "Degree of Curvature", grado de curvatura de la curva horizontal

Por otra parte, Wooldridge et al. (2000) definió la demanda visual como la cantidad de información visual necesaria para que el conductor mantenga una trayectoria aceptable en la carretera. Para su estimación desarrollaron dos modelos, dependiendo de si el conductor está familiarizado con el recorrido o no.

$$VD_{LU} = 0.173 + \frac{43.0}{R}$$

$$VD_{LF} = 0.198 + \frac{29.2}{R}$$

Donde:

VD_{LU} = Demanda visual para los conductores no familiarizados con la vía.

VD_{LF} = Demanda visual para los conductores familiarizados con la vía

R= Radio de la curva horizontal.

Otra metodología utilizada para la cuantificación de la carga de trabajo se basa en la utilización de escalas cualitativas. Messer (1980) desarrolló una escala subjetiva entre 0 (ningún problema) y 6 (problema severo) para la evaluación de parámetros del trazado. Un grupo de 21 expertos puntuó nueve parámetros geométricos básicos de acuerdo con esta escala. A partir de estos resultados, se desarrolló un modelo para traducir la citada escala en carga de trabajo y nivel de consistencia.

$$WL_n = (U * E * S * R_f) + (C * WL_l)$$

Donde:

WL_n = Carga de trabajo estimada para el elemento n

U = Factor de falta de familiaridad del conductor con la carretera (depende de la clasificación de la vía y de su situación)

E = Factor de expectativa del elemento geométrico. Su valor es C=1 si dicho elemento es similar al anterior. En caso contrario, valdrá 1

S = Factor de distancia de visibilidad

R_f = Potencial de carga de trabajo medio para el elemento general

C= Factor carryover que depende de la separación entre elementos

WL_l = Carga de trabajo del anterior elemento

Una vez obtenido el valor WLn de se consideraban elementos con gran consistencia aquellos es los que el valor era igual o menor que 1, mientras que si era superior a 6 se identificaba un posible problema de falta de consistencia geométrica.

Esta metodología está muy relacionada con la geometría y con la percepción que de ella tienen una serie de expertos, pero el conductor no se ve involucrado en el análisis. Sin embargo, existe otra técnica para la cuantificación de la carga de trabajo que se basa principalmente en él, evaluando las respuestas físicas que la carga de trabajo produce en él (Heger et al. 1995 y Cafiso et al., 2004). Para ello, entre otras variables psicofísicas, puede medirse la frecuencia de pestañeo del conductor o su ritmo cardíaco. De este modo, con un lento pestañeo puede ser indicativo de una baja carga de trabajo mientras que un alto ritmo cardíaco es indicativo de que la carga de trabajo puede ser elevada.

2.9.2.4 Criterios de evaluación basados en la velocidad de operación (V_{op})

Diferentes estudios de siniestralidad revelan que muchos de los problemas de seguridad se derivan de una inapropiada adaptación de la velocidad (que no velocidad excesiva). Además, la medición y estimación de la velocidad de operación es la forma más sencilla de medir la consistencia, si consideramos, además, las otras tipologías. De ahí que la velocidad sea uno de los indicadores más utilizados para la evaluación de la consistencia (Cafiso, 2009).

También se ha observado que un síntoma de la no adaptación de la carretera a las expectativas de los conductores es el aumento de la variabilidad de la velocidad de operación, tanto a lo largo de su desarrollo (entre elementos geométricos consecutivos), como en cada punto individual (dispersión de la velocidad entre conductores). Esta variabilidad está ampliamente ligada con la siniestralidad (Fitzpatrick et al., 1999).

Por todo ello, una de las técnicas más utilizadas para la evaluación de la consistencia consiste en el análisis de las variaciones de la velocidad de operación (V_{85}) entre elementos geométricos consecutivos. La velocidad de operación se define comúnmente

como el percentil 85 de la distribución de velocidades obtenida de vehículos circulando en condiciones de flujo libre en un tramo de carretera. La reducción de velocidad de operación entre elementos consecutivos (ΔV_{85}) es un fenómeno muy relacionado con la siniestralidad (las transiciones recta-curva son localizaciones que pueden conllevar siniestralidad asociada), considerándose también una medida de consistencia. De hecho, se estima que más del 50% del total de las muertes en carreteras convencionales se producen en las secciones curvas (Lamm et al. 1992).

Asimismo, puede utilizarse esta magnitud de la velocidad en la evaluación de la consistencia examinando diferencias entre la velocidad de diseño (V_d) y la V_{85} .

2.10 Seguridad vial

La seguridad vial es un problema muy importante actualmente en nuestra sociedad. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en su Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial, todos los años fallecen más de 1,2 millones de personas como consecuencia de accidentes de tráfico en todo el mundo y nada menos que otros 50 millones resultan heridas.

Por último, cabe mencionar los componentes más importantes que se dan en la producción de accidentes: el componente aleatorio, que hace referencia a variables no controlables relacionadas con los vehículos y los conductores; el componente meteorológico y lumínico, que es un componente imposible de estimar desde la fase de diseño, pero no es individual de cada vehículo, ya que su existencia incide sobre todos los vehículos de la vía en cada momento; y el componente geométrico, puesto que los accidentes tienden a concentrarse en puntos determinados de la vía, lo que pone en evidencia que un mal diseño incide sobre la falta de seguridad vial.

2.10.1 Factores concurrentes

Los factores concurrentes hacen referencia a todos aquellos factores que están presentes de alguna manera en la producción de un accidente de tráfico. La mayoría de investigadores en el campo de la seguridad vial destacan tres factores concurrentes de elevada importancia (infraestructura, factor humano y vehículo) y dos de importancia menor (tráfico y entorno):

Factor infraestructura, junto al factor humano, es uno de los factores que mayor importancia tiene en la producción de accidentes. De hecho, los accidentes tienden a concretarse en ciertos elementos del trazado de una carretera, en vez de distribuirse de forma aleatoria a lo largo de un tramo de carretera (Lamm et al., 2007).

Algunos de los aspectos relacionados con la infraestructura que han sido asociados a la producción de accidentes son:

- Tipo de carretera
- Características del trazado en planta: radio de la curva; longitud de recta.
- Características del trazado en alzado: parámetro del acuerdo; pendiente.
- Sección transversal: ancho de carril y de arcén; tipo de arcén; ancho y tipo de mediana.
- Tipo de intersección
- Densidad de accesos
- Condiciones del pavimento
- Señalización
- Condiciones de los márgenes de la carretera

Factor humano la mayoría de las maniobras erráticas que los usuarios llevan a cabo mientras conducen a lo largo de un tramo de carretera son debidas a la interacción entre las características de la propia carretera y la reacción del conductor. El factor humano se relaciona con las capacidades psicológicas y físicas de los usuarios, que están ligadas a la percepción, reacción y capacidad de adaptación.

Además, el proceso se vuelve todavía más complejo al considerar que cada uno de los conductores posee sus propias características, habilidades y limitaciones. De hecho, también las condiciones del entorno de la carretera e incluso el estado de ánimo del conductor influyen en la tarea de conducción. Mientras que el primero de ellos es común a todos los usuarios, las circunstancias personales de cada uno de ellos obviamente no. Por ejemplo, las condiciones lumínicas y meteorológicas, la orografía o la densidad urbanística es la misma para todos los conductores. Sin embargo, el nivel

de estrés, la fatiga o el consumo de alcohol es propio de cada usuario. Todo ello hace que exista una alta variabilidad en la respuesta de los conductores en un mismo trazado de carretera. Esta es la razón por la que se han desarrollado tantos estudios relacionados entre la interacción entre los factores infraestructura y humano. El objetivo principal es conocer cómo actúan los usuarios de la carretera para diseñar carreteras más seguras para todos, atendiendo a las expectativas de los conductores.

- Debe advertir al conductor de cualquier característica deficiente o inusual
- Debe informar al conductor de las condiciones que se va a encontrar
- Debe guiar al conductor a través de secciones inusuales
- Debe controlar el paso de los conductores a través de puntos de conflicto y enlaces con otras carreteras
- Debe perdonar una maniobra errática o un comportamiento inadecuado del conductor

Factor vehículo a medida que avanza el desarrollo tecnológico de los vehículos, este factor cobra menor importancia, sobre todo en los países desarrollados. De hecho, las causas más comunes de ocurrencia de accidentes relativas a este factor están relacionadas con un pobre mantenimiento del vehículo: fallos en el sistema de frenado (3 %), en el sistema de comunicación (2 %) y en la dirección (1 %), así como reventón. No obstante, en los países emergentes sigue siendo un factor muy importante en la producción de accidentes, ya que muchos de los vehículos todavía carecen de multitud de medidas de seguridad activas y pasivas.

Factor tráfico la ocurrencia de un accidente de tráfico implica necesariamente la movilidad del tráfico. Los cuatro parámetros fundamentales de este factor son: la velocidad, el flujo, la densidad y la congestión (Wang et al., 2012).

Está claro que la velocidad está relacionada con la seguridad vial. Es fácil entender que mayores velocidades suponen una distancia de frenada mayor, así como una reducción del tiempo disponible por el conductor para procesar la información y tomar las decisiones oportunas. Además, cuanto mayor es la velocidad mayor es la energía

cinética, lo que está estrechamente relacionado con la gravedad en caso de accidente. de los accidentes mortales.

Factor entorno el factor entorno hace referencia a aspectos relacionados con las condiciones meteorológicas, el desarrollo urbanístico, la orografía, las condiciones lumínicas, etc. La influencia de este factor sobre la producción de accidentes se puede minimizar desde la fase de diseño de la propia infraestructura prestando atención a diferentes situaciones críticas que podrían llegar a ocurrir, tales como posibles deslumbramientos debido al sol a la salida de túneles o la escasa visibilidad en condiciones nocturnas.

2.11 Metodologías de evaluación local de la consistencia

Los criterios locales de consistencia permiten evaluarla para un determinado elemento del trazado en planta, bien examinando la variación de las velocidades de operación a lo largo de la carretera o bien comparándolas con la velocidad de diseño o proyecto del tramo. La evaluación puntual de la consistencia del diseño geométrico permite identificar zonas peligrosas, para así rediseñar localmente la carretera en las mismas.

Con este fin, Leisch y Leisch (1997) propusieron una revisión del concepto de la velocidad de diseño que incluía recomendaciones relacionadas con los incrementos de la velocidad de operación y los diferenciales entre las velocidades de diseño y de operación. En este sentido, se sugirió que el diferencial de velocidad de operación media entre dos alineaciones consecutivas no debía superar las 10mi/h (aproximadamente 16 km/h). Asimismo, recomienda este mismo umbral en los siguientes casos específicos:

- Limitación de la diferencia en la velocidad de diseño de la vía a 10 mi/h.
- Limitación de la diferencia de velocidad de operación de los vehículos ligeros también en 10 mi/h.
- Limitación de la diferencia de velocidad de operación entre vehículos ligeros y pesados a 10 mi/h.

Lamm et al. (1995) establecieron tres criterios para determinar la consistencia del diseño geométrico de carreteras. Todos ellos están basados en el análisis de la velocidad

a la que circulan los conductores, siendo el criterio II el más ampliamente utilizado. Estos criterios son los siguientes:

- **Criterio I.** Comparación entre la velocidad de diseño y la de operación.
- **Criterio II.** Comparación entre velocidades de operación entre elementos consecutivos del trazado.
- **Criterio III.** Determina la diferencia entre el rozamiento transversal movilizado y demandado (dinámica de la conducción).

Estos umbrales fueron establecidos, además, basándose en un análisis de la siniestralidad.

La diferencia entre la velocidad de operación y la velocidad de diseño $|V_{85} - V_d|$ es un buen indicador de la inconsistencia en un elemento singular, mientras que la reducción de velocidad entre elementos sucesivos (ΔV_{85}) indica la inconsistencia experimentada por los conductores que circulan desde un elemento al siguiente. En la tabla 13, se resumen los umbrales empleados en los Criterios I y II de Lamm.

Tabla 13 Umbrales para la determinación de los niveles de consistencia del diseño geométrico. Criterios I y II de Lamm.

Comparando velocidad de operación (Vop) con la velocidad de diseño (Vd)	
$V_{operación} - V_d \leq 10 \text{ Km/h}$	Buena
$10 \text{ km/h} < V_{operación} - V_d \leq 20 \text{ Km/h}$	Regular
$20 \text{ km/h} > V_{operación} - V_d$	Mala
Comparando velocidad entre elementos consecutivos	
$\Delta V_{operación} \leq 10 \text{ Km/h}$	Buena
$10 \text{ km/h} > \Delta V_{operación} - V_d \leq 20 \text{ Km/h}$	Regular
$\Delta V_{operación} > 20 \text{ Km/h}$	Mala

Fuente: Lamm et al.

Donde:

Vop = Velocidad de operación en un punto dado de la vía (km/h)

Vd = Velocidad de diseño (km/h)

ΔV_{op} = Diferencia de velocidad de operación entre dos elementos consecutivos (km/h)

- **Calificación bueno:** Significa que no necesita cambios y que está acorde con las expectativas del conductor.
- **Calificación regular:** Significa que el sitio necesita cambios o está, relativamente bien, depende a que margen se acerque, si se acerca a la calificación bueno se acepta, a diferencia si se acerca a la calificación pobre éste necesita cambios, este umbral depende del grado de inconsistencia que el diseñador está dispuesto a aceptar.
- **Calificación mala:** Significa que dicho sitio atenta contra los conductores y es necesario rediseñar el elemento o el tramo, basándose en la velocidad de operación esperada.

En el mundo se han planteado varios procedimientos para evaluar la consistencia del diseño geométrico de carreteras, la carga de trabajo del conductor, La relación con la accidentabilidad siendo la determinación del perfil de velocidades la que más aceptación ha tenido.

La comparación del perfil de velocidades de operación de los vehículos que recorren la vía con la velocidad de diseño, y la comparación de la velocidad entre elementos consecutivos, permiten detectar puntos con problemas de consistencia, obtenidos mediante modelos más o menos elaborados para distintas condiciones de vías adecuadas a las características geográficas de la región en la que se encuentra.

CAPÍTULO III
ANÁLISIS EXPERIMENTAL

Figura 13 Ubicación departamental



Fuente: Elaboración propia

Figura 14 Ubicación del proyecto



Fuente: Elaboración propia

3.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE PROYECTO

Esta avenida es la vía de conexión de ingreso y salida de Tarija. La avenida Circunvalación es una de las avenidas más larga de la ciudad de Tarija, pero también una de las más descuidadas al transcurrir el tiempo.

En la avenida Circunvalación existe una variedad de negocios destacados que ayudan a encontrar tiendas, centro de salud, establecimientos, alojamientos, mercado, servicios financieros, gasolineras, restaurantes, lugares para comer, barrios y lugares oficiales. Y cada año más comercios aparecen, no obstante, ello no significa la mejora de la avenida sino, muchos de estos negocios, tienen un aporte negativo que llega a empeorar la mala imagen que ya tiene.

Es una avenida que se ha convertido en un pilar concentrado al movimiento comercial más importante de esta ciudad y al mismo tiempo soporta el tráfico pesado que va de norte a sur y viceversa, el trajín diario, constante y permanente.

El crecimiento poblacional y el incremento del parque automotor, es muy grande y es la causa del contentamiento, por las características y condiciones de la circulación vehicular en la ciudad, este contexto hace que constantemente se produzca accidentes de tránsito y otras molestias.

Actualmente la avenida Circunvalación se convirtió en una avenida céntrica en la ciudad de Tarija; debido a la gran cantidad de tráfico que soporta y además que existe una zona urbana totalmente consolidada en toda la extensión de esa ruta.

El tráfico pesado, tiene en esta vía el único paso por la ciudad circulan camiones de alto tonelaje y buses de transporte interdepartamental, vehículos que usan el único carril disponible, compitiendo con los automóviles creando congestionamiento y altos riesgos de accidentes. El transporte público y privado en horas picos supera la capacidad de la vía en las condiciones actuales.

3.3 DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD EN VÍAS DE DOBLE CALZADA

3.3.1 Ubicación de los puntos de medición

Los puntos de medición son 30, los cuales están divididos 15 en sentido de la Av. La

Paz - Av. Sgto. Froilán Tejerina y 15 de la Av. Sgto. Froilán Tejerina – Av. La paz
estos están ubicados en cada esquina que intercepta la avenida Circunvalación.

Estos puntos son:

✓ **Av. Froilán Tejerina – Av. La Paz**

- Av. Circunvalación / Av. Sgto. Froilán Tejerina
- Av. Circunvalación / C. Luis Campero
- Av. Circunvalación / C. Ernesto Siles
- Av. Circunvalación / C. Ballivián
- Av. Circunvalación / Av. Mejillones
- Av. Circunvalación / C. 12 de octubre
- Av. Circunvalación / C. General Trigo
- Av. Circunvalación / Av. Colon
- Av. Circunvalación / C. Suipacha
- Av. Circunvalación / C. Méndez
- Av. Circunvalación / Av. San Bernardo
- Av. Circunvalación / C. La Patria
- Av. Circunvalación / C. Santa Cruz
- Av. Circunvalación / Pasaje Navajas
- Av. Circunvalación / C. 4 de octubre

✓ **Av. La Paz – Av. Froilán Tejerina**

- Av. Circunvalación / C. Santo Tomas
- Av. Circunvalación / Av. San Cristóbal
- Av. Circunvalación / C. Santa Cruz
- Av. Circunvalación / C. La Patria
- Av. Circunvalación / Av. San Bernardo

- Av. Circunvalación / C. 17 de agosto
- Av. Circunvalación / C. Suipacha
- Av. Circunvalación / Av. Colon
- Av. Circunvalación / C. General Trigo
- Av. Circunvalación / C. 12 de octubre
- Av. Circunvalación / Av. Mejillones
- Av. Circunvalación / C. Ballivián
- Av. Circunvalación / C. Ernesto Siles
- Av. Circunvalación / C. Luis Campero
- Av. Circunvalación / Av. Sgto. Froilán Tejerina

3.3.2 Procedimiento de medición

Para la medición de la velocidad de operación se sigue los siguientes pasos:

- Primeramente, se inicia con un aforo vehicular de volumen que consiste en saber la cantidad de vehículos que pasan durante el transcurso de una hora se realizó este aforo desde las 6:00 am hasta las 18:00 pm. Se hizo este procedimiento en los dos sentidos de la Av. Circunvalación.
- Obtenido el volumen total de cada hora con un hidrograma se identificó las horas picos. Cuyos tiempos de mayor demanda vehicular son 8:00 – 9:00 de 11:00 – 12:00 y 17:00 – 18:00.
- Una vez identificado los correspondientes puntos de estudio, se midió 50 m con una cinta métrica, se usó pintura para identificar la distancia la cual a primera vista debe ser visible.
- Para la obtención de la velocidad de operación (V_{85}), se tiene que parar a la mitad de la distancia medida para tener una visión adecuada para eso se empezó a medir el tiempo con un cronómetro, cuando el vehículo empieza a ingresar la línea hasta que pase toda la distancia medida.

- La velocidad de operación (V_{85}) se midió con un cronómetro de mano, y se hizo este procedimiento en las 3 horas picos del día durante 12 días en ambos sentidos para cada punto establecido, aplicando el método de aforo AASTHO.
- Se midió la velocidad de operación (V_{85}) en días diferentes donde martes, jueves y sábado correspondientes a la Av. Froilán Tejerina – Av. La Paz y los otros días miércoles, viernes y domingo de Av. La Paz – Av. Froilán Tejerina.
- Los resultados de cada medición son de velocidad de operación (V_{85}) en km/h.
- Para la obtención de tiempos, se usó un instrumento de precisión que mide pequeñas fracciones de tiempo un cronómetro.

Para la obtención de las características geométricas de la Av. Circunvalación se siguió los siguientes pasos:

- Para realizar el levantamiento topográfico se usó el GPS SOUTH Galaxy G1 que nos proporcionan información de puntos que están situados en la superficie terrestres, este proceso se lleva a cabo mediante la transmisión - recepción de señales electromagnéticas.
- Para el diseño geométrico se usó AutoCAD Civil 3D es un potente software para computadora que sirve para el cálculo y diseño de infraestructuras diversas, principalmente relacionada con el movimiento de tierras, topografía, replanteo de información además se usa para realizar el replanteo de la vía de doble calzada.

3.4 INFORMACIÓN GEOMÉTRICA

3.4.1 Información geométrica de la vía de doble calzada

La vía de doble calzada de la avenida Circunvalación tiene los siguientes datos puntuales acerca de su diseño geométrico. En la tabla 14 se dispone de la información obtenida de dicha vía de doble calzada:

Tabla 14 Información común de la vía de doble calzada

Información general de la vía de doble calzada	
Tipo de superficie	Pavimento
Tipo de pavimento	Rígido
Longitud de la vía (ida)	2466,29 m
Longitud de la vía (retorno)	2469,92 m
Ancho de calzada	7,5 m
Ancho de carril	3,75 m
Ancho de mediana	4 m
Clasificación	Local
Velocidad de diseño (Vd)	40 km/h
Terreno	Montañoso
Pendiente	4 – 9 %
Años activo	39 años
	ABC

Fuente: Elaboración propia

Nota:

La avenida Circunvalación está construida con pavimento rígido, ejecutado de una altura de 22 centímetros (cm) y tiene una resistencia de 350 kilogramos por metro cuadrado (kg/m^2).

3.4.2 Alineamiento horizontal

En la tabla 15, se detalla los elementos horizontales comprendido de la Av. Colón y Av. Mejillones se muestran a continuación:

Tabla 15 Elementos de las curvas horizontales

	N°CURVA	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PT
AV. L.P - AV.	C2	20,43	142,95	25,76	50,97	50,70	2,30	2,27	1+652,53	1+703,51
F. T	C3	25,01	105,53	23,41	46,06	45,70	2,56	2,50	1+191,56	1+237,62
AV. F.T - AV.	C1	25,07	186,53	41,48	81,63	80,98	4,56	4,45	0+719,04	0+800,68
L. P	C4	17,64	109,23	16,95	33,62	33,49	1,31	1,29	1+230,75	1+264,37

Fuente: Elaboración propia

Donde:

R = Longitud del radio de la curva (m)

T = Longitud de la subtangente

L = Longitud de la curva (m)

LC = Longitud de la cuerda (m)

E = Distancia a externa (m)

M = Distancia de la ordenada media

PT = Punto de tangencia

PC = Punto de inicio de curva

Δ = Angulo de deflexión ($^{\circ}$)

3.4.3 Alineamiento vertical

En la tabla 16, se muestra las características del alineamiento vertical correspondientes a la vía de doble calzada:

Tabla 16 Elementos de las curvas verticales

	N° Curva	Prog. de entrada	Prog. de salida	PVI (Z) (m)	P1 (%) Entrada	P2 (%) Salida	L	A	K
AV. F. T - AV. L.P	C5	0+200,00	0+362,01	1921,76	-4,24	1,66	162,01	- 5,90	27,46
	C6	0+585,05	0+835,02	1939,00	5,71	-2,38	249,97	8,09	30,90
	C7	1+943,46	2+142,07	1916,58	2,77	-5,17	198,56	7,94	25,01
AV. L. P - AV. F. T	C10	2+240,03	2+071,23	1919,00	4,98	-4,64	168,80	9,62	17,55
	C9	1+833,41	1+590,00	1939,00	-4,64	5,57	243,41	- 10,21	23,84
	C8	0+490,00	0+289,98	1914,95	-3,01	4,45	200,02	-7,46	26,81

Fuente: Elaboración propia

Donde:

PVI (Z)= Cota de punto de inflexión vertical

P1 = Pendiente de entrada (%)

P2 = Pendiente de salida (%)

- A** = Diferencia de pendientes
- L** = Longitud de la curva
- K** = Variación por unidad de pendiente L/A

En los planos que se indican en los **anexos** muestran los alineamientos vertical y horizontal.

3.5 ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO

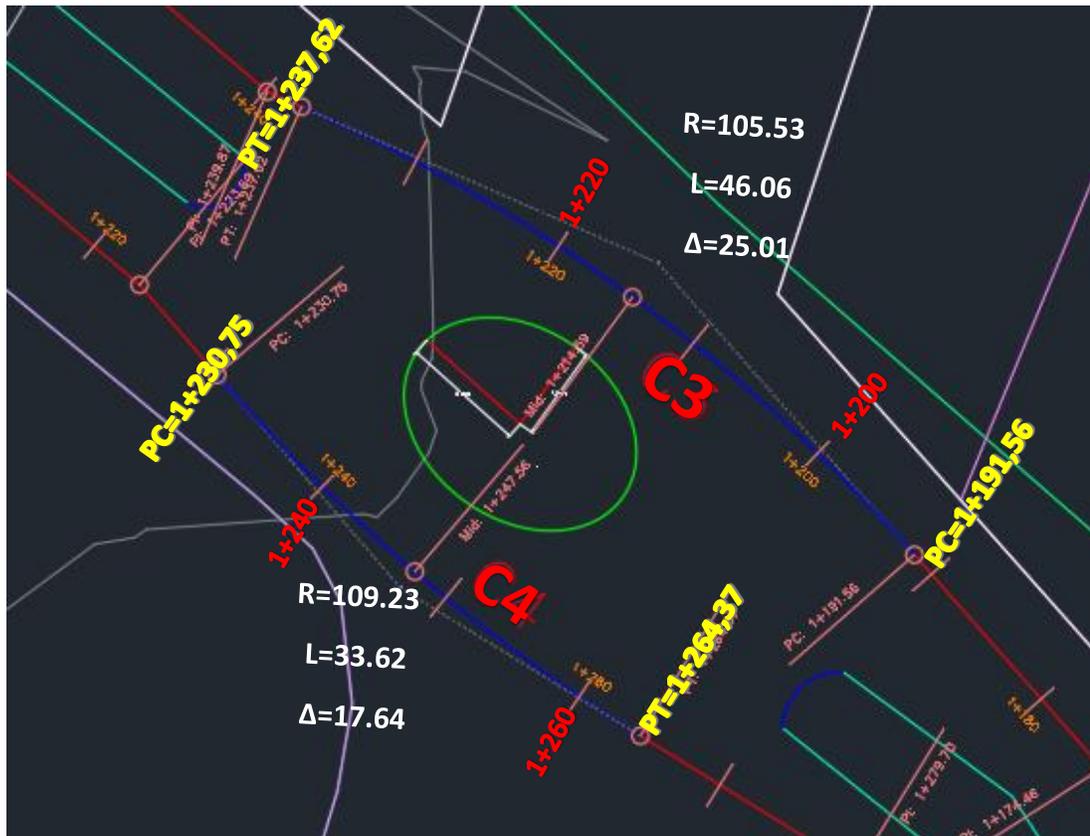
Tabla 17 Diseño en sección transversal Av. Mejillones



Diseño en sección transversal				
Descripción	Campo	Situación	Descripción	ABC
V _d	40 - 34 km/h		V _d	40 - 70 km/h
R ₁	186,53 m	OK	R _{min}	50 m
R ₂	142,95 m	OK	R _{min}	50 m
Calzada	7,5 m	OK	Calzada _{min}	7,0 - 8.0 m
Carril	3,75 m	OK	Carril	3,0 m
Ancho de berma	0,5 m	OK	Ancho de berma	0,0 - 0,5 m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 Diseño en sección transversal Av. Colón



Diseño en sección transversal				
Descripción	Campo	Situación	Descripción	ABC
V_d	40 - 34 km/h		V_d	40 - 70 km/h
R_3	105,53 m	OK	R_{min}	50 m
R_4	109,23 m	OK	R_{min}	50 m
Calzada	7,5 m	OK	Calzada _{min}	7,0 - 8,0 m
Carril	3,75 m	OK	Carril	3,0 m
Ancho de berma	0,5 m	OK	Ancho de berma	0,0 - 0,5 m

Fuente: Elaboración propia

3.6 PREDICCIÓN DE LA VELOCIDAD PARA CADA CURVA

Cada curva del alineamiento vertical y horizontal debe ser analizada para determinar cuál es la ecuación más indicada para la característica geométrica estudiada.

Alineamiento horizontal

En el siguiente cuadro se señala la ecuación apropiada para el análisis de la curva y la velocidad percentil (V_{85}) calculada.

Tabla 19 Velocidad 85 del alineamiento horizontal

N° Curva	Radio (m)	Pendiente		Ecuación #	Ecuación #	$V_{85 1}$	$V_{85 2}$
		P1 (%9)	P2(%)	P1	P2		
C1	186,53	1,76	-3,57	Ecuación 3	Ecuación 5	85,66	86,89
C2	142,95	5,26	-3,65	Ecuación 4	Ecuación 5	77,36	81,27
C3	105,53	5,82	5,22	Ecuación 4	Ecuación 4	70,53	70,53
C4	109,53	-2,97	-6,30	Ecuación 6	Ecuación 1	71,48	74,01

Fuente: Elaboración propia

Alineamiento vertical

La velocidad percentil (V_{85}) calculada y la ecuacion utilizada para su calculo, por Fitzpatrick.

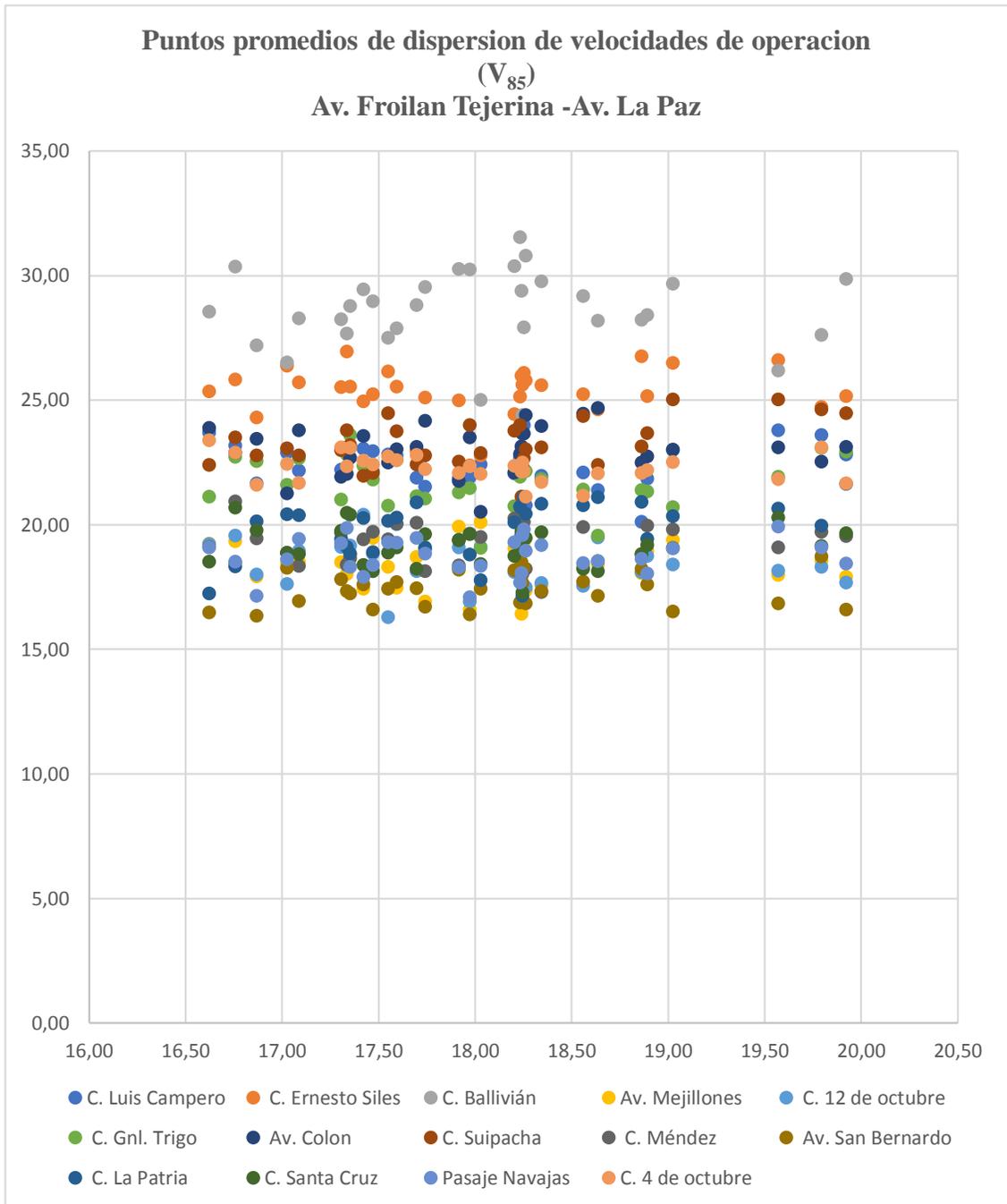
Tabla 20 Velocidad 85 del alineamiento vertical

N° curva	VPI (Z)	Pendiente (%)		Tipo de curva	K	Ecuación #	V_{85}
		P1	P2				
C5	1921,76	-4,24	1,66	Cóncava	27,46	Ecuación 8	80,10
C6	1939,00	5,71	-2,38	Convexa	30,90	Ecuación 10	100,24
C7	1916,58	2,77	-5,17	Convexa	25,01	Ecuación 10	99,09
C8	1914,95	-3,01	4,45	Convexa	26,81	Ecuación 10	99,50
C9	1939,00	-4,64	5,57	Convexa	23,84	Ecuación 10	98,80
C10	1919,00	4,98	-4,64	Cóncava	17,55	Ecuación 8	80,10

Fuente: Elaboración propia

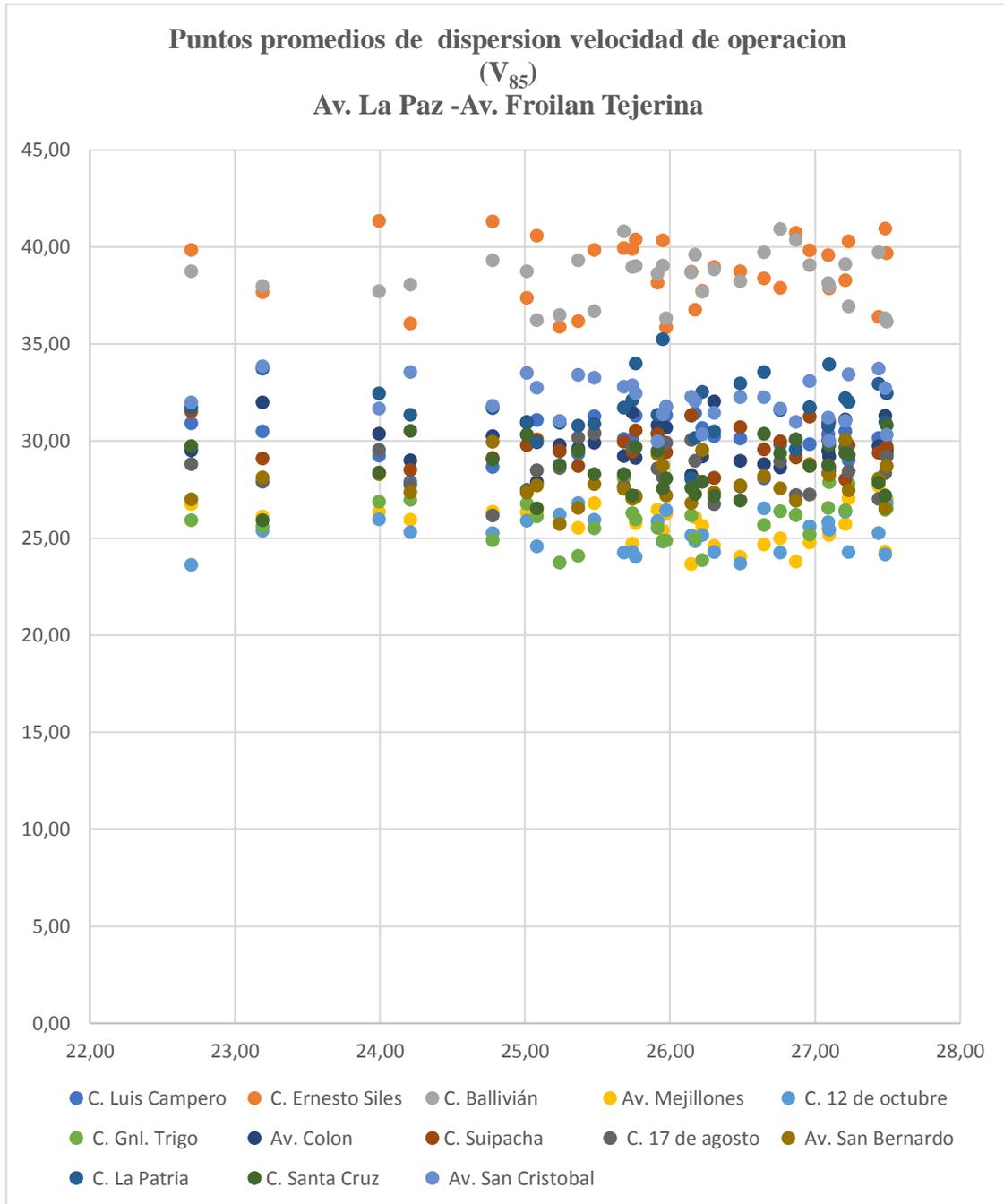
3.7 Gráfica de datos de dispersión de velocidades promedio

Figura 15 Dispersión de velocidades de operación promedio Av. Froilán Tejerina - Av. La Paz



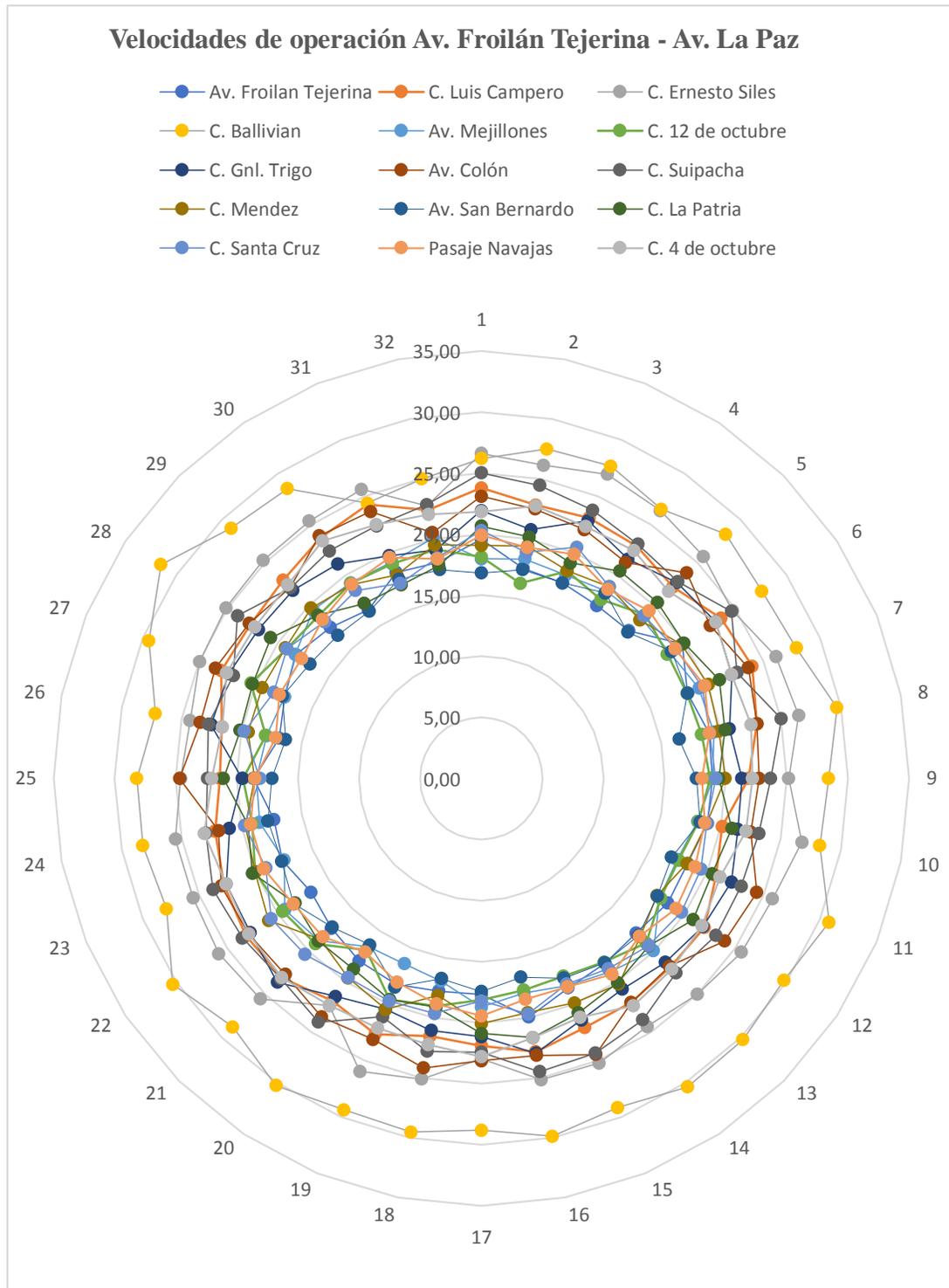
Fuente: Elaboración propia

Figura 16 Dispersión de velocidades de operación promedios Av. La Paz - Av. Froilán Tejerina



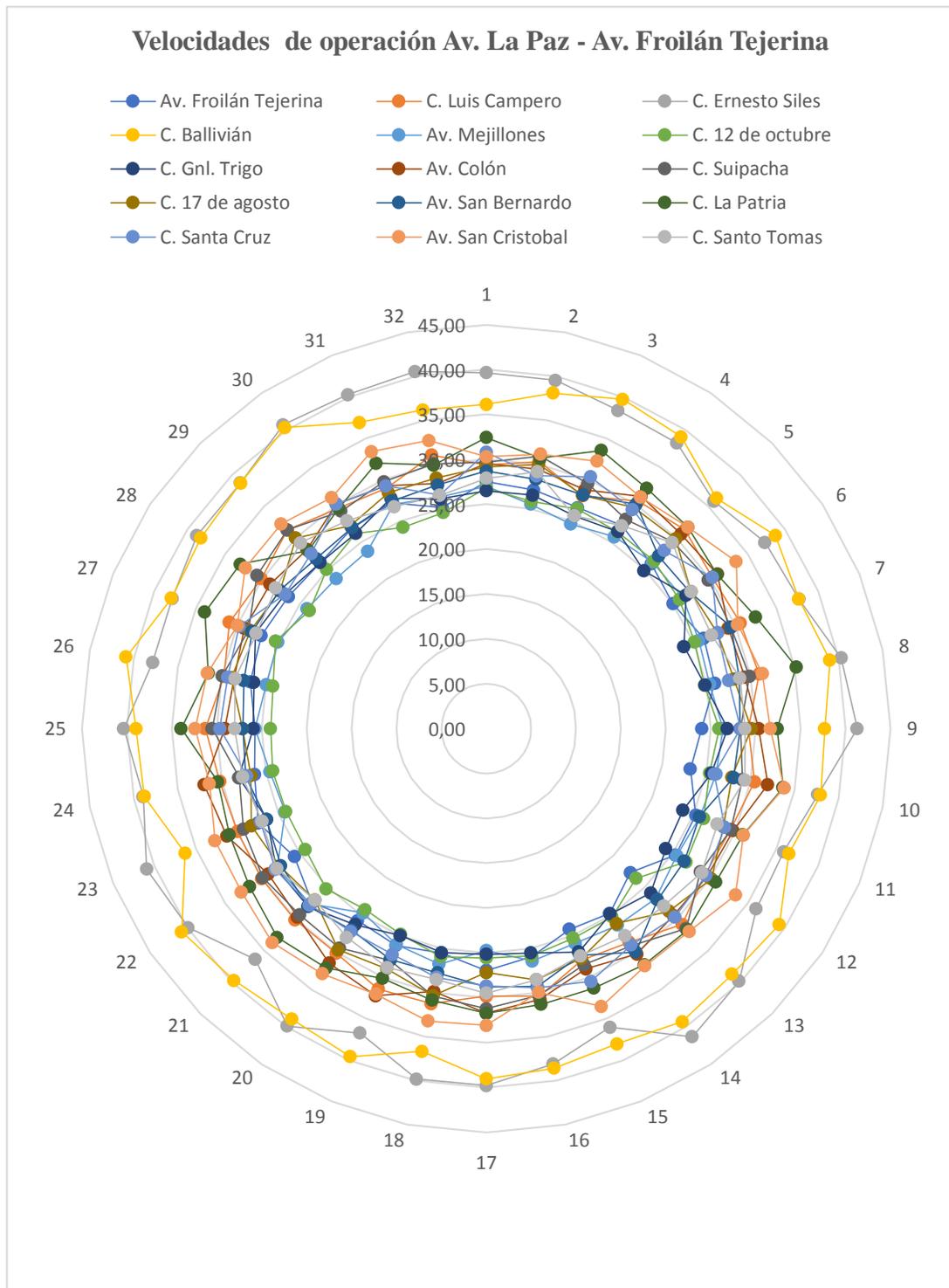
Fuente: Elaboración propia

Figura 17 Velocidades de operación (V₈₅) Av. Froilán Tejerina – Av. La Paz



Fuente: Elaboración propia

Figura 18 Velocidades de operación (V₈₅) Av. La Paz - Av. Froilán Tejerina



Fuente: Elaboración propia

3.8 Evaluación de la consistencia del diseño

3.8.1 Criterio de Lamm I

La Tabla 21 y 22 muestra la calificación de la consistencia según la velocidad de donde se obtienen resultados según el Criterio de Lamm I y se muestran a continuación:

Nota: Todas las velocidades son en (km/h)

Tabla 21 Resultado de consistencia final Av. La Paz – Av. Froilán Tejerina

Av. La Paz – Av. Froilán Tejerina

N	ELEMENTO	HORA	DIA SEM 1	DIA SEM 2	AV. LA PAZ - AV. FROILAN TEJERINA						
					V85 1ra Sem	V85 2da Sem	V85prom	Vd	[V85-Vd]	DISEÑO 1	DISEÑO 2
1	Av. Froilán Tejerina	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	24.07	23.68	23.88	40	16.13	REGULAR	MALA
2		11:00-12:00			22.95	22.45	22.70	40	17.30	REGULAR	MALA
3		17:00-18:00			24.88	23.28	24.08	40	15.92	REGULAR	MALA
4		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	23.61	26.03	24.82	40	15.18	REGULAR	MALA
5		11:00-12:00			23.33	22.60	22.97	40	17.04	REGULAR	MALA
6		17:00-18:00			20.50	19.22	19.86	40	20.14	MALA	MALA
7		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	26.33	31.90	29.12	40	10.89	REGULAR	REGULAR
8		11:00-12:00			34.32	26.28	30.30	40	9.70	BUENA	BUENA
9		17:00-18:00			35.48	35.83	35.66	40	4.35	BUENA	BUENA
10	C. Luis Campero	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	25.97	28.46	27.22	40	12.79	REGULAR	REGULAR
11		11:00-12:00			24.81	25.97	25.39	40	14.61	REGULAR	MALA
12		17:00-18:00			25.30	27.28	26.29	40	13.71	REGULAR	REGULAR
13		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	24.74	34.36	29.55	40	10.45	REGULAR	REGULAR
14		11:00-12:00			26.53	33.38	29.96	40	10.05	REGULAR	REGULAR
15		17:00-18:00			26.39	25.89	26.14	40	13.86	REGULAR	REGULAR
16		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	34.57	35.99	35.28	40	4.72	BUENA	BUENA
17		11:00-12:00			35.06	34.99	35.03	40	4.97	BUENA	BUENA
18		17:00-18:00			34.08	38.33	36.21	40	3.80	BUENA	BUENA

19	C. Ernesto Siles	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	30.84	30.86	30.85	40	9.15	BUENA	BUENA
20		11:00-12:00			29.13	31.63	30.38	40	9.62	BUENA	BUENA
21		17:00-18:00			39.72	45.67	42.70	40	2.70	BUENA	BUENA
22		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	41.24	43.62	42.43	40	2.43	BUENA	BUENA
23		11:00-12:00			38.20	38.35	38.28	40	1.72	BUENA	BUENA
24		17:00-18:00			39.99	38.10	39.05	40	0.95	BUENA	BUENA
25		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	39.78	37.40	38.59	40	1.41	BUENA	BUENA
26		11:00-12:00			38.60	40.83	39.72	40	0.28	BUENA	BUENA
27		17:00-18:00			46.00	47.88	46.94	40	6.94	BUENA	BUENA
28	C. Ballivián	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	33.93	37.39	35.66	40	4.34	BUENA	BUENA
29		11:00-12:00			39.83	38.18	39.01	40	1.00	BUENA	BUENA
30		17:00-18:00			39.44	43.24	41.34	40	1.34	BUENA	BUENA
31		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	34.91	34.83	34.87	40	5.13	BUENA	BUENA
32		11:00-12:00			36.13	35.49	35.81	40	4.19	BUENA	BUENA
33		17:00-18:00			39.48	43.79	41.64	40	1.64	BUENA	BUENA
34		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	36.92	36.87	36.90	40	3.11	BUENA	BUENA
35		11:00-12:00			37.48	37.95	37.72	40	2.29	BUENA	BUENA
36		17:00-18:00			40.35	44.94	42.65	40	2.65	BUENA	BUENA
37	Av. Mejillones	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	22.21	26.90	24.56	40	15.45	REGULAR	MALA
38		11:00-12:00			20.00	25.84	22.92	40	17.08	REGULAR	MALA
39		17:00-18:00			24.88	23.95	24.42	40	15.59	REGULAR	MALA
40		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	27.20	25.41	26.31	40	13.70	REGULAR	REGULAR
41		11:00-12:00			26.86	24.98	25.92	40	14.08	REGULAR	REGULAR
42		17:00-18:00			24.89	24.08	24.49	40	15.52	REGULAR	MALA
43		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	25.95	27.23	26.59	40	13.41	REGULAR	REGULAR
44		11:00-12:00			27.00	25.90	26.45	40	13.55	REGULAR	REGULAR
45		17:00-18:00			29.86	29.65	29.76	40	10.25	REGULAR	REGULAR

46	C. 12 de octubre	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	20.37	29.77	25.07	40	14.93	REGULAR	MALA
47		11:00-12:00			19.65	29.57	24.61	40	15.39	REGULAR	MALA
48		17:00-18:00			24.70	23.80	24.25	40	15.75	REGULAR	MALA
49		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	25.65	25.60	25.63	40	14.38	REGULAR	REGULAR
50		11:00-12:00			24.60	24.10	24.35	40	15.65	REGULAR	MALA
51		17:00-18:00			22.35	21.80	22.08	40	17.93	REGULAR	MALA
52		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	25.41	27.45	26.43	40	13.57	REGULAR	REGULAR
53		11:00-12:00			23.47	25.44	24.46	40	15.55	REGULAR	MALA
54		17:00-18:00			30.40	30.15	30.28	40	9.73	BUENA	BUENA
55	C. General Trigo	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	25.92	31.01	28.47	40	11.54	REGULAR	REGULAR
56		11:00-12:00			27.36	30.71	29.04	40	10.97	REGULAR	REGULAR
57		17:00-18:00			27.04	25.99	26.52	40	13.49	REGULAR	REGULAR
58		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	26.77	28.32	27.55	40	12.46	REGULAR	REGULAR
59		11:00-12:00			25.95	26.26	26.11	40	13.90	REGULAR	REGULAR
60		17:00-18:00			21.68	20.73	21.21	40	18.80	REGULAR	MALA
61		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	23.49	22.21	22.85	40	17.15	REGULAR	MALA
62		11:00-12:00			20.82	23.77	22.30	40	17.71	REGULAR	MALA
63		17:00-18:00			30.83	30.58	30.71	40	9.30	BUENA	BUENA
64	Av. Colon	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	35.73	31.65	33.69	40	6.31	BUENA	BUENA
65		11:00-12:00			30.94	30.95	30.95	40	9.06	BUENA	BUENA
66		17:00-18:00			26.34	29.18	27.76	40	12.24	REGULAR	REGULAR
67		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	28.81	26.21	27.51	40	12.49	REGULAR	REGULAR
68		11:00-12:00			25.70	24.53	25.12	40	14.89	REGULAR	MALA
69		17:00-18:00			24.18	28.00	26.09	40	13.91	REGULAR	REGULAR
70		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	29.97	35.13	32.55	40	7.45	BUENA	BUENA
71		11:00-12:00			25.45	36.99	31.22	40	8.78	BUENA	BUENA
72		17:00-18:00			35.06	34.53	34.80	40	5.21	BUENA	BUENA

73	C. Suipacha	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	28.18	31.55	29.87	40	10.14	REGULAR	REGULAR
74		11:00-12:00			25.25	29.92	27.59	40	12.42	REGULAR	REGULAR
75		17:00-18:00			28.21	30.11	29.16	40	10.84	REGULAR	REGULAR
76		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	28.28	30.01	29.15	40	10.86	REGULAR	REGULAR
77		11:00-12:00			29.33	30.13	29.73	40	10.27	REGULAR	REGULAR
78		17:00-18:00			27.89	25.93	26.91	40	13.09	REGULAR	REGULAR
79		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	31.85	29.17	30.51	40	9.49	BUENA	BUENA
80		11:00-12:00			32.33	28.80	30.57	40	9.44	BUENA	BUENA
81		17:00-18:00			33.09	32.88	32.99	40	7.02	BUENA	BUENA
82	C. 17 de agosto	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	26.63	25.93	26.28	40	13.72	REGULAR	REGULAR
83		11:00-12:00			24.32	26.92	25.62	40	14.38	REGULAR	REGULAR
84		17:00-18:00			28.93	27.68	28.31	40	11.70	REGULAR	REGULAR
85		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	26.91	26.66	26.79	40	13.22	REGULAR	REGULAR
86		11:00-12:00			25.30	25.93	25.62	40	14.39	REGULAR	REGULAR
87		17:00-18:00			28.69	26.33	27.51	40	12.49	REGULAR	REGULAR
88		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	31.13	27.86	29.50	40	10.51	REGULAR	REGULAR
89		11:00-12:00			29.95	28.46	29.21	40	10.80	REGULAR	REGULAR
90		17:00-18:00			36.75	37.30	37.03	40	2.98	BUENA	BUENA
91	Av. San Bernardo	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	27.19	29.20	28.20	40	11.81	REGULAR	REGULAR
92		11:00-12:00			28.52	26.72	27.62	40	12.38	REGULAR	REGULAR
93		17:00-18:00			29.64	27.07	28.36	40	11.65	REGULAR	REGULAR
94		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	27.07	25.62	26.35	40	13.66	REGULAR	REGULAR
95		11:00-12:00			26.58	27.83	27.21	40	12.80	REGULAR	REGULAR
96		17:00-18:00			29.15	30.16	29.66	40	10.35	REGULAR	REGULAR
97		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	26.64	28.44	27.54	40	12.46	REGULAR	REGULAR
98		11:00-12:00			28.62	27.28	27.95	40	12.05	REGULAR	REGULAR
99		17:00-18:00			28.01	26.99	27.50	40	12.50	REGULAR	REGULAR

100	C. La Patria	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	29.17	32.31	30.74	40	9.26	BUENA	BUENA
101		11:00-12:00			24.26	31.51	27.89	40	12.12	REGULAR	REGULAR
102		17:00-18:00			32.07	31.93	32.00	40	8.00	BUENA	BUENA
103		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	27.14	21.95	24.55	40	15.46	REGULAR	MALA
104		11:00-12:00			28.21	22.34	25.28	40	14.73	REGULAR	MALA
105		17:00-18:00			27.41	24.91	26.16	40	13.84	REGULAR	REGULAR
106		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	40.49	40.81	40.65	40	0.65	BUENA	BUENA
107		11:00-12:00			37.93	39.53	38.73	40	1.27	BUENA	BUENA
108		17:00-18:00			37.12	42.32	39.72	40	0.28	BUENA	BUENA
109	C. Santa Cruz	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	27.68	28.98	28.33	40	11.67	REGULAR	REGULAR
110		11:00-12:00			26.85	29.76	28.31	40	11.70	REGULAR	REGULAR
111		17:00-18:00			27.17	30.59	28.88	40	11.12	REGULAR	REGULAR
112		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	27.73	25.79	26.76	40	13.24	REGULAR	REGULAR
113		11:00-12:00			26.30	26.47	26.39	40	13.62	REGULAR	REGULAR
114		17:00-18:00			24.55	15.36	19.96	40	20.05	MALA	MALA
115		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	33.18	31.92	32.55	40	7.45	BUENA	BUENA
116		11:00-12:00			31.89	28.88	30.39	40	9.62	BUENA	BUENA
117		17:00-18:00			34.93	36.65	35.79	40	4.21	BUENA	BUENA
118	Av. San Cristobal	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	26.96	33.02	29.99	40	10.01	REGULAR	REGULAR
119		11:00-12:00			25.89	32.70	29.30	40	10.71	REGULAR	REGULAR
120		17:00-18:00			27.06	25.69	26.38	40	13.63	REGULAR	REGULAR
121		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	31.40	29.98	30.69	40	9.31	BUENA	BUENA
122		11:00-12:00			30.24	28.94	29.59	40	10.41	REGULAR	REGULAR
123		17:00-18:00			28.98	30.41	29.70	40	10.31	REGULAR	REGULAR
124		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	37.90	39.74	38.82	40	1.18	BUENA	BUENA
125		11:00-12:00			36.19	33.09	34.64	40	5.36	BUENA	BUENA
126		17:00-18:00			38.81	40.22	39.52	40	0.48	BUENA	BUENA

127	C. Santo Tomas	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	26.21	30.14	28.18	40	11.83	REGULAR	REGULAR
128		11:00-12:00			27.27	26.57	26.92	40	13.08	REGULAR	REGULAR
129		17:00-18:00			24.76	26.39	25.58	40	14.43	REGULAR	MALA
130		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	27.28	25.49	26.39	40	13.62	REGULAR	REGULAR
131		11:00-12:00			25.23	24.98	25.11	40	14.90	REGULAR	MALA
132		17:00-18:00			27.08	27.71	27.40	40	12.61	REGULAR	REGULAR
133		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	31.94	30.74	31.34	40	8.66	BUENA	BUENA
134		11:00-12:00			29.51	29.20	29.36	40	10.65	REGULAR	REGULAR
135		17:00-18:00			33.77	30.01	31.89	40	8.11	BUENA	BUENA

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 Resultado de consistencia final Av. Froilán Tejerina – Av. La Paz

Av. Froilán Tejerina - Av. La Paz

N	ELEMENTO	HORA	DIA SEM 1	DIA SEM 2	AV. FROILAN TEJERINA - AV. LA PAZ						
					V85 1ra Sem	V85 2da Sem	V85prom	Vd	[V85-Vd]	DISEÑO 1	DISEÑO 2
1	Av. Froilán Tejerina	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	24.30	24.39	24.35	40	15.66	REGULAR	MALA
2		11:00-12:00			23.90	23.65	23.78	40	16.23	REGULAR	MALA
3		17:00-18:00			24.13	23.56	23.85	40	16.16	REGULAR	MALA
4		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	24.38	19.82	22.10	40	17.90	REGULAR	MALA
5		11:00-12:00			26.20	24.32	25.26	40	14.74	REGULAR	MALA
6		17:00-18:00			27.08	24.67	25.88	40	14.13	REGULAR	REGULAR
7		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	23.71	24.34	24.03	40	15.98	REGULAR	MALA
8		11:00-12:00			24.54	22.78	23.66	40	16.34	REGULAR	MALA
9		17:00-18:00			23.81	23.00	23.41	40	16.60	REGULAR	MALA
10	C. Luis Campero	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	30.18	29.99	30.09	40	9.92	BUENA	BUENA
11		11:00-12:00			29.23	30.49	29.86	40	10.14	REGULAR	REGULAR
12		17:00-18:00			28.23	21.20	24.72	40	15.29	REGULAR	MALA
13		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	32.44	33.67	33.06	40	6.95	BUENA	BUENA
14		11:00-12:00			31.94	31.46	31.70	40	8.30	BUENA	BUENA
15		17:00-18:00			30.28	31.29	30.79	40	9.22	BUENA	BUENA
16		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	29.81	28.19	29.00	40	11.00	REGULAR	REGULAR
17		11:00-12:00			30.19	24.74	27.47	40	12.54	REGULAR	REGULAR
18		17:00-18:00			36.04	30.75	33.40	40	6.61	BUENA	BUENA
19	C. Ernesto Siles	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	28.30	29.11	28.71	40	11.30	REGULAR	REGULAR
20		11:00-12:00			33.03	33.25	33.14	40	6.86	BUENA	BUENA
21		17:00-18:00			38.12	34.35	36.24	40	3.77	BUENA	BUENA
22		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	40.07	39.13	39.60	40	0.40	BUENA	BUENA
23		11:00-12:00			37.79	38.60	38.20	40	1.81	BUENA	BUENA
24		17:00-18:00			32.10	35.02	33.56	40	6.44	BUENA	BUENA
25		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	29.43	28.26	28.85	40	11.16	REGULAR	REGULAR
26		11:00-12:00			26.26	27.98	27.12	40	12.88	REGULAR	REGULAR
27		17:00-18:00			38.61	37.27	37.94	40	2.06	BUENA	BUENA

28	C. Ballivián	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	39.33	42.12	40.73	40	0.72	BUENA	BUENA
29		11:00-12:00			41.64	40.46	41.05	40	1.05	BUENA	BUENA
30		17:00-18:00			39.58	36.49	38.04	40	1.97	BUENA	BUENA
31		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	37.36	41.08	39.22	40	0.78	BUENA	BUENA
32		11:00-12:00			42.78	41.61	42.20	40	2.20	BUENA	BUENA
33		17:00-18:00			39.67	35.71	37.69	40	2.31	BUENA	BUENA
34		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	34.44	30.87	32.66	40	7.35	BUENA	BUENA
35		11:00-12:00			32.06	35.51	33.79	40	6.22	BUENA	BUENA
36		17:00-18:00			38.29	36.98	37.64	40	2.37	BUENA	BUENA
37	Av. Mejillones	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	20.36	23.95	22.16	40	17.85	REGULAR	MALA
38		11:00-12:00			28.99	20.90	24.95	40	15.06	REGULAR	MALA
39		17:00-18:00			26.24	26.82	26.53	40	13.47	REGULAR	REGULAR
40		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	27.53	29.22	28.38	40	11.63	REGULAR	REGULAR
41		11:00-12:00			26.37	26.00	26.19	40	13.82	REGULAR	REGULAR
42		17:00-18:00			24.67	23.76	24.22	40	15.79	REGULAR	MALA
43		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	20.55	20.07	20.31	40	19.69	REGULAR	MALA
44		11:00-12:00			23.04	19.94	21.49	40	18.51	REGULAR	MALA
45		17:00-18:00			27.62	25.25	26.44	40	13.57	REGULAR	REGULAR
46	C. 12 de octubre	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	25.91	24.16	25.04	40	14.97	REGULAR	MALA
47		11:00-12:00			22.40	23.92	23.16	40	16.84	REGULAR	MALA
48		17:00-18:00			24.95	24.09	24.52	40	15.48	REGULAR	MALA
49		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	27.77	20.88	24.33	40	15.68	REGULAR	MALA
50		11:00-12:00			24.64	23.24	23.94	40	16.06	REGULAR	MALA
51		17:00-18:00			27.34	28.96	28.15	40	11.85	REGULAR	REGULAR
52		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	24.78	22.78	23.78	40	16.22	REGULAR	MALA
53		11:00-12:00			23.88	23.89	23.89	40	16.12	REGULAR	MALA
54		17:00-18:00			26.73	24.66	25.70	40	14.31	REGULAR	REGULAR

55	C. General Trigo	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	24.86	27.04	25.95	40	14.05	REGULAR	REGULAR
56		11:00-12:00			26.23	26.63	26.43	40	13.57	REGULAR	REGULAR
57		17:00-18:00			35.63	37.21	36.42	40	3.58	BUENA	BUENA
58		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	22.92	25.26	24.09	40	15.91	REGULAR	MALA
59		11:00-12:00			24.69	23.82	24.26	40	15.75	REGULAR	MALA
60		17:00-18:00			33.99	35.52	34.76	40	5.25	BUENA	BUENA
61		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	28.76	24.92	26.84	40	13.16	REGULAR	REGULAR
62		11:00-12:00			26.34	24.09	25.22	40	14.79	REGULAR	MALA
63		17:00-18:00			36.94	33.36	35.15	40	4.85	BUENA	BUENA
64	Av. Colon	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	22.89	29.18	26.04	40	13.97	REGULAR	REGULAR
65		11:00-12:00			23.02	27.04	25.03	40	14.97	REGULAR	MALA
66		17:00-18:00			30.53	33.02	31.78	40	8.23	BUENA	BUENA
67		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	35.50	32.08	33.79	40	6.21	BUENA	BUENA
68		11:00-12:00			36.87	34.89	35.88	40	4.12	BUENA	BUENA
69		17:00-18:00			35.04	32.29	33.67	40	6.34	BUENA	BUENA
70		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	26.69	27.09	26.89	40	13.11	REGULAR	REGULAR
71		11:00-12:00			27.37	26.51	26.94	40	13.06	REGULAR	REGULAR
72		17:00-18:00			37.16	34.81	35.99	40	4.02	BUENA	BUENA
73	C. Suipacha	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	29.79	28.94	29.37	40	10.64	REGULAR	REGULAR
74		11:00-12:00			26.40	30.01	28.21	40	11.80	REGULAR	REGULAR
75		17:00-18:00			30.55	29.80	30.18	40	9.83	BUENA	BUENA
76		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	32.12	31.38	31.75	40	8.25	BUENA	BUENA
77		11:00-12:00			29.83	30.54	30.19	40	9.82	BUENA	BUENA
78		17:00-18:00			32.88	33.36	33.12	40	6.88	BUENA	BUENA
79		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	28.72	29.88	29.30	40	10.70	REGULAR	REGULAR
80		11:00-12:00			29.01	31.68	30.35	40	9.66	BUENA	BUENA
81		17:00-18:00			37.18	35.97	36.58	40	3.43	BUENA	BUENA

82	C. Méndez	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	22.47	26.42	24.45	40	15.56	REGULAR	MALA
83		11:00-12:00			23.14	28.60	25.87	40	14.13	REGULAR	REGULAR
84		17:00-18:00			23.71	24.67	24.19	40	15.81	REGULAR	MALA
85		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	22.69	24.98	23.84	40	16.17	REGULAR	MALA
86		11:00-12:00			24.24	23.09	23.67	40	16.34	REGULAR	MALA
87		17:00-18:00			25.25	25.18	25.22	40	14.79	REGULAR	MALA
88		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	23.97	23.67	23.82	40	16.18	REGULAR	MALA
89		11:00-12:00			24.69	24.72	24.71	40	15.30	REGULAR	MALA
90		17:00-18:00			35.72	35.26	35.49	40	4.51	BUENA	BUENA
91	Av. San Bernardo	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	18.09	32.35	25.22	40	14.78	REGULAR	MALA
92		11:00-12:00			13.76	31.57	22.67	40	17.34	REGULAR	MALA
93		17:00-18:00			20.11	25.05	22.58	40	17.42	REGULAR	MALA
94		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	23.07	23.77	23.42	40	16.58	REGULAR	MALA
95		11:00-12:00			18.81	21.18	20.00	40	20.01	MALA	MALA
96		17:00-18:00			20.16	19.80	19.98	40	20.02	MALA	MALA
97		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	24.71	24.69	24.70	40	15.30	REGULAR	MALA
98		11:00-12:00			23.93	22.24	23.09	40	16.92	REGULAR	MALA
99		17:00-18:00			27.70	26.97	27.34	40	12.67	REGULAR	REGULAR
100	C. La Patria	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	27.70	29.23	28.47	40	11.54	REGULAR	REGULAR
101		11:00-12:00			26.68	30.75	28.72	40	11.29	REGULAR	REGULAR
102		17:00-18:00			33.97	35.02	34.50	40	5.51	BUENA	BUENA
103		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	23.09	23.65	23.37	40	16.63	REGULAR	MALA
104		11:00-12:00			20.63	21.80	21.22	40	18.79	REGULAR	MALA
105		17:00-18:00			19.91	20.05	19.98	40	20.02	MALA	MALA
106		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	23.92	24.95	24.44	40	15.57	REGULAR	MALA
107		11:00-12:00			22.84	25.32	24.08	40	15.92	REGULAR	MALA
108		17:00-18:00			35.18	30.87	33.03	40	6.98	BUENA	BUENA

109	C. Santa Cruz	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	25.79	28.87	27.33	40	12.67	REGULAR	REGULAR
110		11:00-12:00			28.32	30.04	29.18	40	10.82	REGULAR	REGULAR
111		17:00-18:00			25.34	23.89	24.62	40	15.39	REGULAR	MALA
112		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	25.47	22.14	23.81	40	16.20	REGULAR	MALA
113		11:00-12:00			22.83	23.99	23.41	40	16.59	REGULAR	MALA
114		17:00-18:00			21.95	24.96	23.46	40	16.55	REGULAR	MALA
115		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	24.25	24.73	24.49	40	15.51	REGULAR	MALA
116		11:00-12:00			23.83	23.76	23.80	40	16.21	REGULAR	MALA
117		17:00-18:00			30.26	29.36	29.81	40	10.19	REGULAR	REGULAR
118	Pasaje Navajas	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	24.65	29.17	26.91	40	13.09	REGULAR	REGULAR
119		11:00-12:00			24.32	31.84	28.08	40	11.92	REGULAR	REGULAR
120		17:00-18:00			24.90	26.57	25.74	40	14.27	REGULAR	REGULAR
121		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	23.58	21.81	22.70	40	17.31	REGULAR	MALA
122		11:00-12:00			21.76	23.50	22.63	40	17.37	REGULAR	MALA
123		17:00-18:00			21.22	22.10	21.66	40	18.34	REGULAR	MALA
124		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	23.64	22.65	23.15	40	16.86	REGULAR	MALA
125		11:00-12:00			24.02	21.13	22.58	40	17.43	REGULAR	MALA
126		17:00-18:00			32.14	30.73	31.44	40	8.57	BUENA	BUENA
127	C. 4 de octubre	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	27.93	29.03	28.48	40	11.52	REGULAR	REGULAR
128		11:00-12:00			25.76	31.40	28.58	40	11.42	REGULAR	REGULAR
129		17:00-18:00			33.53	38.99	36.26	40	3.74	BUENA	BUENA
130		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	25.47	28.73	27.10	40	12.90	REGULAR	REGULAR
131		11:00-12:00			29.58	26.32	27.95	40	12.05	REGULAR	REGULAR
132		17:00-18:00			24.47	24.97	24.72	40	15.28	REGULAR	MALA
133		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	29.13	31.72	30.43	40	9.58	BUENA	BUENA
134		11:00-12:00			30.68	29.86	30.27	40	9.73	BUENA	BUENA
135		17:00-18:00			35.13	32.13	33.63	40	6.37	BUENA	BUENA

Fuente: Elaboración propia

3.8.2 CRITERIO DE LAMM II

Los resultados obtenidos según el Criterio de Lamm II, describe la consistencia de acuerdo a su calificación de buena, regular y mala.

Tabla 23 Resultado de consistencia por el criterio II de Lamm primera semana

Av. La Paz – Av. Froilán Tejerina

N	ELEMENTO	HORA	DIA SEM 1	DIA SEM 2	AV. LA PAZ - AV. FROILAN TEJERINA								
					V85 1ra Sem	Vd 1ra Sem	V85 2da Sem	Vd 2ra Sem	V85 prom	Vd prom	[V85-Vd]prom	DISEÑO 1	DISEÑO 2
1	Av. Froilán Tejerina	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	24.07	22.95	23.68	22.45	23.88	22.70	1.18	BUENA	BUENA
2		11:00-12:00			22.95	24.88	22.45	23.28	22.70	24.08	1.38	BUENA	BUENA
3		17:00-18:00			24.88	23.61	23.28	26.03	24.08	24.82	0.74	BUENA	BUENA
4		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	23.61	23.33	26.03	22.60	24.82	22.97	1.86	BUENA	BUENA
5		11:00-12:00			23.33	20.50	22.60	19.22	22.97	19.86	3.11	BUENA	BUENA
6		17:00-18:00			20.50	26.33	19.22	31.90	19.86	29.12	9.26	BUENA	BUENA
7		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	26.33	34.32	31.90	26.28	29.12	30.30	1.19	BUENA	BUENA
8		11:00-12:00			34.32	35.48	26.28	35.83	30.30	35.66	5.36	BUENA	BUENA
9		17:00-18:00			35.48	25.97	35.83	28.46	35.66	27.22	8.44	BUENA	BUENA
10	C. Luis Campero	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	25.97	24.81	28.46	25.97	27.22	25.39	1.83	BUENA	BUENA
11		11:00-12:00			24.81	25.30	25.97	27.28	25.39	26.29	0.90	BUENA	BUENA
12		17:00-18:00			25.30	24.74	27.28	34.36	26.29	29.55	3.26	BUENA	BUENA
13		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	24.74	26.53	34.36	33.38	29.55	29.96	0.41	BUENA	BUENA
14		11:00-12:00			26.53	26.39	33.38	25.89	29.96	26.14	3.82	BUENA	BUENA
15		17:00-18:00			26.39	34.57	25.89	35.99	26.14	35.28	9.14	BUENA	BUENA
16		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	34.57	35.06	35.99	34.99	35.28	35.03	0.25	BUENA	BUENA
17		11:00-12:00			35.06	34.08	34.99	38.33	35.03	36.21	1.18	BUENA	BUENA
18		17:00-18:00			34.08	30.84	38.33	30.86	36.21	30.85	5.36	BUENA	BUENA
19	C. Ernesto Siles	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	30.84	29.13	30.86	31.63	30.85	30.38	0.47	BUENA	BUENA
20		11:00-12:00			29.13	39.72	31.63	45.67	30.38	42.70	12.32	REGULAR	REGULAR
21		17:00-18:00			39.72	41.24	45.67	43.62	42.70	42.43	0.27	BUENA	BUENA
22		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	41.24	38.20	43.62	38.35	42.43	38.28	4.15	BUENA	BUENA
23		11:00-12:00			38.20	39.99	38.35	38.10	38.28	39.05	0.77	BUENA	BUENA
24		17:00-18:00			39.99	39.78	38.10	37.40	39.05	38.59	0.45	BUENA	BUENA
25		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	39.78	38.60	37.40	40.83	38.59	39.72	1.13	BUENA	BUENA
26		11:00-12:00			38.60	46.00	40.83	47.88	39.72	46.94	7.22	BUENA	BUENA
27		17:00-18:00			46.00	33.93	47.88	37.39	46.94	35.66	11.28	REGULAR	REGULAR

28	C. Ballivián	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	33.93	39.83	37.39	38.18	35.66	39.01	3.35	BUENA	BUENA
29		11:00-12:00			39.83	39.44	38.18	43.24	39.01	41.34	2.34	BUENA	BUENA
30		17:00-18:00			39.44	34.91	43.24	34.83	41.34	34.87	6.47	BUENA	BUENA
31		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	34.91	36.13	34.83	35.49	34.87	35.81	0.94	BUENA	BUENA
32		11:00-12:00			36.13	39.48	35.49	43.79	35.81	41.64	5.83	BUENA	BUENA
33		17:00-18:00			39.48	36.92	43.79	36.87	41.64	36.90	4.74	BUENA	BUENA
34		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	36.92	37.48	36.87	37.95	36.90	37.72	0.82	BUENA	BUENA
35		11:00-12:00			37.48	40.35	37.95	44.94	37.72	42.65	4.93	BUENA	BUENA
36		17:00-18:00			40.35	22.21	44.94	26.90	42.65	24.56	18.09	REGULAR	MALA
37	Av. Mejillones	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	22.21	20.00	26.90	25.84	24.56	22.92	1.64	BUENA	BUENA
38		11:00-12:00			20.00	24.88	25.84	23.95	22.92	24.42	1.50	BUENA	BUENA
39		17:00-18:00			24.88	27.20	23.95	25.41	24.42	26.31	1.89	BUENA	BUENA
40		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	27.20	26.86	25.41	24.98	26.31	25.92	0.38	BUENA	BUENA
41		11:00-12:00			26.86	24.89	24.98	24.08	25.92	24.49	1.44	BUENA	BUENA
42		17:00-18:00			24.89	25.95	24.08	27.23	24.49	26.59	2.11	BUENA	BUENA
43		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	25.95	27.00	27.23	25.90	26.59	26.45	0.14	BUENA	BUENA
44		11:00-12:00			27.00	29.86	25.90	29.65	26.45	29.76	3.31	BUENA	BUENA
45		17:00-18:00			29.86	20.37	29.65	29.77	29.76	25.07	4.69	BUENA	BUENA
46	C. 12 de octubre	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	20.37	19.65	29.77	29.57	25.07	24.61	0.46	BUENA	BUENA
47		11:00-12:00			19.65	24.70	29.57	23.80	24.61	24.25	0.36	BUENA	BUENA
48		17:00-18:00			24.70	25.65	23.80	25.60	24.25	25.63	1.38	BUENA	BUENA
49		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	25.65	24.60	25.60	24.10	25.63	24.35	1.28	BUENA	BUENA
50		11:00-12:00			24.60	22.35	24.10	21.80	24.35	22.08	2.28	BUENA	BUENA
51		17:00-18:00			22.35	25.41	21.80	27.45	22.08	26.43	4.36	BUENA	BUENA
52		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	25.41	23.47	27.45	25.44	26.43	24.46	1.98	BUENA	BUENA
53		11:00-12:00			23.47	30.40	25.44	30.15	24.46	30.28	5.82	BUENA	BUENA
54		17:00-18:00			30.40	25.92	30.15	31.01	30.28	28.47	1.81	BUENA	BUENA

55	C. General Trigo	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	25.92	27.36	31.01	30.71	28.47	29.04	0.57	BUENA	BUENA
56		11:00-12:00			27.36	27.04	30.71	25.99	29.04	26.52	2.52	BUENA	BUENA
57		17:00-18:00			27.04	26.77	25.99	28.32	26.52	27.55	1.03	BUENA	BUENA
58		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	26.77	25.95	28.32	26.26	27.55	26.11	1.44	BUENA	BUENA
59		11:00-12:00			25.95	21.68	26.26	20.73	26.11	21.21	4.90	BUENA	BUENA
60		17:00-18:00			21.68	23.49	20.73	22.21	21.21	22.85	1.65	BUENA	BUENA
61		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	23.49	20.82	22.21	23.77	22.85	22.30	0.56	BUENA	BUENA
62		11:00-12:00			20.82	30.83	23.77	30.58	22.30	30.71	8.41	BUENA	BUENA
63		17:00-18:00			30.83	35.73	30.58	31.65	30.71	33.69	2.99	BUENA	BUENA
64	Av. Colon	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	35.73	30.94	31.65	30.95	33.69	30.95	2.75	BUENA	BUENA
65		11:00-12:00			30.94	26.34	30.95	29.18	30.95	27.76	3.19	BUENA	BUENA
66		17:00-18:00			26.34	28.81	29.18	26.21	27.76	27.51	0.25	BUENA	BUENA
67		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	28.81	25.70	26.21	24.53	27.51	25.12	2.40	BUENA	BUENA
68		11:00-12:00			25.70	24.18	24.53	28.00	25.12	26.09	0.97	BUENA	BUENA
69		17:00-18:00			24.18	29.97	28.00	35.13	26.09	32.55	6.46	BUENA	BUENA
70		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	29.97	25.45	35.13	36.99	32.55	31.22	1.33	BUENA	BUENA
71		11:00-12:00			25.45	35.06	36.99	34.53	31.22	34.80	3.58	BUENA	BUENA
72		17:00-18:00			35.06	28.18	34.53	31.55	34.80	29.87	4.93	BUENA	BUENA
73	C. Suipacha	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	28.18	25.25	31.55	29.92	29.87	27.59	2.28	BUENA	BUENA
74		11:00-12:00			25.25	28.21	29.92	30.11	27.59	29.16	1.58	BUENA	BUENA
75		17:00-18:00			28.21	28.28	30.11	30.01	29.16	29.15	0.01	BUENA	BUENA
76		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	28.28	29.33	30.01	30.13	29.15	29.73	0.58	BUENA	BUENA
77		11:00-12:00			29.33	27.89	30.13	25.93	29.73	26.91	2.82	BUENA	BUENA
78		17:00-18:00			27.89	31.85	25.93	29.17	26.91	30.51	3.60	BUENA	BUENA
79		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	31.85	32.33	29.17	28.80	30.51	30.57	0.05	BUENA	BUENA
80		11:00-12:00			32.33	33.09	28.80	32.88	30.57	32.99	2.42	BUENA	BUENA
81		17:00-18:00			33.09	26.63	32.88	25.93	32.99	26.28	6.71	BUENA	BUENA

82	C. 17 de agosto	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	26.63	24.32	25.93	26.92	26.28	25.62	0.66	BUENA	BUENA
83		11:00-12:00			24.32	28.93	26.92	27.68	25.62	28.31	2.69	BUENA	BUENA
84		17:00-18:00			28.93	26.91	27.68	26.66	28.31	26.79	1.52	BUENA	BUENA
85		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	26.91	25.30	26.66	25.93	26.79	25.62	1.17	BUENA	BUENA
86		11:00-12:00			25.30	28.69	25.93	26.33	25.62	27.51	1.90	BUENA	BUENA
87		17:00-18:00			28.69	31.13	26.33	27.86	27.51	29.50	1.99	BUENA	BUENA
88		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	31.13	29.95	27.86	28.46	29.50	29.21	0.29	BUENA	BUENA
89		11:00-12:00			29.95	36.75	28.46	37.30	29.21	37.03	7.82	BUENA	BUENA
90		17:00-18:00			36.75	27.19	37.30	29.20	37.03	28.20	8.83	BUENA	BUENA
91	Av. San Bernardo	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	27.19	28.52	29.20	26.72	28.20	27.62	0.58	BUENA	BUENA
92		11:00-12:00			28.52	29.64	26.72	27.07	27.62	28.36	0.74	BUENA	BUENA
93		17:00-18:00			29.64	27.07	27.07	25.62	28.36	26.35	2.01	BUENA	BUENA
94		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	27.07	26.58	25.62	27.83	26.35	27.21	0.86	BUENA	BUENA
95		11:00-12:00			26.58	29.15	27.83	30.16	27.21	29.66	2.45	BUENA	BUENA
96		17:00-18:00			29.15	26.64	30.16	28.44	29.66	27.54	2.12	BUENA	BUENA
97		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	26.64	28.62	28.44	27.28	27.54	27.95	0.41	BUENA	BUENA
98		11:00-12:00			28.62	28.01	27.28	26.99	27.95	27.50	0.45	BUENA	BUENA
99		17:00-18:00			28.01	29.17	26.99	32.31	27.50	30.74	3.24	BUENA	BUENA
100	C. La Patria	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	29.17	24.26	32.31	31.51	30.74	27.89	2.86	BUENA	BUENA
101		11:00-12:00			24.26	32.07	31.51	31.93	27.89	32.00	4.12	BUENA	BUENA
102		17:00-18:00			32.07	27.14	31.93	21.95	32.00	24.55	7.46	BUENA	BUENA
103		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	27.14	28.21	21.95	22.34	24.55	25.28	0.73	BUENA	BUENA
104		11:00-12:00			28.21	27.41	22.34	24.91	25.28	26.16	0.89	BUENA	BUENA
105		17:00-18:00			27.41	40.49	24.91	40.81	26.16	40.65	14.49	REGULAR	REGULAR
106		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	40.49	37.93	40.81	39.53	40.65	38.73	1.92	BUENA	BUENA
107		11:00-12:00			37.93	37.12	39.53	42.32	38.73	39.72	0.99	BUENA	BUENA
108		17:00-18:00			37.12	27.68	42.32	28.98	39.72	28.33	11.39	REGULAR	REGULAR

109	C. Santa Cruz	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	27.68	26.85	28.98	29.76	28.33	28.31	0.02	BUENA	BUENA
110		11:00-12:00			26.85	27.17	29.76	30.59	28.31	28.88	0.58	BUENA	BUENA
111		17:00-18:00			27.17	27.73	30.59	25.79	28.88	26.76	2.12	BUENA	BUENA
112		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	27.73	26.30	25.79	26.47	26.76	26.39	0.38	BUENA	BUENA
113		11:00-12:00			26.30	24.55	26.47	15.36	26.39	19.96	6.43	BUENA	BUENA
114		17:00-18:00			24.55	33.18	15.36	31.92	19.96	32.55	12.60	REGULAR	REGULAR
115		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	33.18	31.89	31.92	28.88	32.55	30.39	2.17	BUENA	BUENA
116		11:00-12:00			31.89	34.93	28.88	36.65	30.39	35.79	5.41	BUENA	BUENA
117		17:00-18:00			34.93	26.96	36.65	33.02	35.79	29.99	5.80	BUENA	BUENA
118	Av. San Cristobal	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	26.96	25.89	33.02	32.70	29.99	29.30	0.70	BUENA	BUENA
119		11:00-12:00			25.89	27.06	32.70	25.69	29.30	26.38	2.92	BUENA	BUENA
120		17:00-18:00			27.06	31.40	25.69	29.98	26.38	30.69	4.32	BUENA	BUENA
121		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	31.40	30.24	29.98	28.94	30.69	29.59	1.10	BUENA	BUENA
122		11:00-12:00			30.24	28.98	28.94	30.41	29.59	29.70	0.11	BUENA	BUENA
123		17:00-18:00			28.98	37.90	30.41	39.74	29.70	38.82	9.13	BUENA	BUENA
124		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	37.90	36.19	39.74	33.09	38.82	34.64	4.18	BUENA	BUENA
125		11:00-12:00			36.19	38.81	33.09	40.22	34.64	39.52	4.88	BUENA	BUENA
126		17:00-18:00			38.81	26.21	40.22	30.14	39.52	28.18	11.34	REGULAR	REGULAR
127	C. Santo Tomas	8:00-9:00	Miercoles 28 de abril	Miercoles 5 de mayo	26.21	27.27	30.14	26.57	28.18	26.92	1.26	BUENA	BUENA
128		11:00-12:00			27.27	24.76	26.57	26.39	26.92	25.58	1.35	BUENA	BUENA
129		17:00-18:00			24.76	27.28	26.39	25.49	25.58	26.39	0.81	BUENA	BUENA
130		8:00-9:00	Viernes 30 de abril	Viernes 7 de mayo	27.28	25.23	25.49	24.98	26.39	25.11	1.28	BUENA	BUENA
131		11:00-12:00			25.23	27.08	24.98	27.71	25.11	27.40	2.29	BUENA	BUENA
132		17:00-18:00			27.08	31.94	27.71	30.74	27.40	31.34	3.95	BUENA	BUENA
133		8:00-9:00	Domingo 2 de mayo	Domingo 9 de mayo	31.94	29.51	30.74	29.20	31.34	29.36	1.99	BUENA	BUENA
134		11:00-12:00			29.51	33.77	29.20	30.01	29.36	31.89	2.54	BUENA	BUENA
135		17:00-18:00			33.77	0.00	30.01	0.00	31.89	0.00	0.00	BUENA	BUENA

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24 Resultado de consistencia por el criterio II de Lamm segunda semana

Av. Froilán Tejerina - Av. La Paz

N	ELEMENTO	HORA	DIA SEM 1	DIA SEM 2	AV. FROILAN TEJERINA - AV. LA PAZ								
					V85 1ra Sem	Vd 1ra Sem	V85 2da Sem	Vd 2ra Sem	V85 prom	Vd prom	[V85-Vd]prom	DISEÑO 1	DISEÑO 2
1	Av. Froilán Tejerina	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	24.30	23.90	24.39	23.65	24.35	23.78	0.57	BUENA	BUENA
2		11:00-12:00			23.90	24.13	23.65	23.56	23.78	23.85	0.07	BUENA	BUENA
3		17:00-18:00			24.13	24.38	23.56	19.82	23.85	22.10	1.75	BUENA	BUENA
4		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	24.38	26.20	19.82	24.32	22.10	25.26	3.16	BUENA	BUENA
5		11:00-12:00			26.20	27.08	24.32	24.67	25.26	25.88	0.62	BUENA	BUENA
6		17:00-18:00			27.08	23.71	24.67	24.34	25.88	24.03	1.85	BUENA	BUENA
7		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	23.71	24.54	24.34	22.78	24.03	23.66	0.36	BUENA	BUENA
8		11:00-12:00			24.54	23.81	22.78	23.00	23.66	23.41	0.25	BUENA	BUENA
9		17:00-18:00			23.81	30.18	23.00	29.99	23.41	30.09	6.68	BUENA	BUENA
10	C. Luis Campero	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	30.18	29.23	29.99	30.49	30.09	29.86	0.23	BUENA	BUENA
11		11:00-12:00			29.23	28.23	30.49	21.20	29.86	24.72	5.15	BUENA	BUENA
12		17:00-18:00			28.23	32.44	21.20	33.67	24.72	33.06	8.34	BUENA	BUENA
13		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	32.44	31.94	33.67	31.46	33.06	31.70	1.36	BUENA	BUENA
14		11:00-12:00			31.94	30.28	31.46	31.29	31.70	30.79	0.92	BUENA	BUENA
15		17:00-18:00			30.28	29.81	31.29	28.19	30.79	29.00	1.79	BUENA	BUENA
16		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	29.81	30.19	28.19	24.74	29.00	27.47	1.54	BUENA	BUENA
17		11:00-12:00			30.19	36.04	24.74	30.75	27.47	33.40	5.93	BUENA	BUENA
18		17:00-18:00			36.04	28.30	30.75	29.11	33.40	28.71	4.69	BUENA	BUENA
19	C. Ernesto Siles	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	28.30	33.03	29.11	33.25	28.71	33.14	4.44	BUENA	BUENA
20		11:00-12:00			33.03	38.12	33.25	34.35	33.14	36.24	3.10	BUENA	BUENA
21		17:00-18:00			38.12	40.07	34.35	39.13	36.24	39.60	3.37	BUENA	BUENA
22		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	40.07	37.79	39.13	38.60	39.60	38.20	1.41	BUENA	BUENA
23		11:00-12:00			37.79	32.10	38.60	35.02	38.20	33.56	4.64	BUENA	BUENA
24		17:00-18:00			32.10	29.43	35.02	28.26	33.56	28.85	4.72	BUENA	BUENA
25		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	29.43	26.26	28.26	27.98	28.85	27.12	1.73	BUENA	BUENA
26		11:00-12:00			26.26	38.61	27.98	37.27	27.12	37.94	10.82	REGULAR	REGULAR
27		17:00-18:00			38.61	39.33	37.27	42.12	37.94	40.73	2.79	BUENA	BUENA

28	C. Ballivián	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	39.33	41.64	42.12	40.46	40.73	41.05	0.33	BUENA	BUENA
29		11:00-12:00			41.64	39.58	40.46	36.49	41.05	38.04	3.02	BUENA	BUENA
30		17:00-18:00			39.58	37.36	36.49	41.08	38.04	39.22	1.19	BUENA	BUENA
31		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	37.36	42.78	41.08	41.61	39.22	42.20	2.98	BUENA	BUENA
32		11:00-12:00			42.78	39.67	41.61	35.71	42.20	37.69	4.51	BUENA	BUENA
33		17:00-18:00			39.67	34.44	35.71	30.87	37.69	32.66	5.04	BUENA	BUENA
34		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	34.44	32.06	30.87	35.51	32.66	33.79	1.13	BUENA	BUENA
35		11:00-12:00			32.06	38.29	35.51	36.98	33.79	37.64	3.85	BUENA	BUENA
36		17:00-18:00			38.29	20.36	36.98	23.95	37.64	22.16	15.48	REGULAR	MALA
37	Av. Mejillones	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	20.36	28.99	23.95	20.90	22.16	24.95	2.79	BUENA	BUENA
38		11:00-12:00			28.99	26.24	20.90	26.82	24.95	26.53	1.59	BUENA	BUENA
39		17:00-18:00			26.24	27.53	26.82	29.22	26.53	28.38	1.85	BUENA	BUENA
40		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	27.53	26.37	29.22	26.00	28.38	26.19	2.19	BUENA	BUENA
41		11:00-12:00			26.37	24.67	26.00	23.76	26.19	24.22	1.97	BUENA	BUENA
42		17:00-18:00			24.67	20.55	23.76	20.07	24.22	20.31	3.91	BUENA	BUENA
43		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	20.55	23.04	20.07	19.94	20.31	21.49	1.18	BUENA	BUENA
44		11:00-12:00			23.04	27.62	19.94	25.25	21.49	26.44	4.95	BUENA	BUENA
45		17:00-18:00			27.62	25.91	25.25	24.16	26.44	25.04	1.40	BUENA	BUENA
46	C. 12 de octubre	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	25.91	22.40	24.16	23.92	25.04	23.16	1.88	BUENA	BUENA
47		11:00-12:00			22.40	24.95	23.92	24.09	23.16	24.52	1.36	BUENA	BUENA
48		17:00-18:00			24.95	27.77	24.09	20.88	24.52	24.33	0.20	BUENA	BUENA
49		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	27.77	24.64	20.88	23.24	24.33	23.94	0.39	BUENA	BUENA
50		11:00-12:00			24.64	27.34	23.24	28.96	23.94	28.15	4.21	BUENA	BUENA
51		17:00-18:00			27.34	24.78	28.96	22.78	28.15	23.78	4.37	BUENA	BUENA
52		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	24.78	23.88	22.78	23.89	23.78	23.89	0.10	BUENA	BUENA
53		11:00-12:00			23.88	26.73	23.89	24.66	23.89	25.70	1.81	BUENA	BUENA
54		17:00-18:00			26.73	24.86	24.66	27.04	25.70	25.95	0.25	BUENA	BUENA

55	C. General Trigo	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	24.86	26.23	27.04	26.63	25.95	26.43	0.48	BUENA	BUENA
56		11:00-12:00			26.23	35.63	26.63	37.21	26.43	36.42	9.99	BUENA	BUENA
57		17:00-18:00			35.63	22.92	37.21	25.26	36.42	24.09	12.33	REGULAR	REGULAR
58		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	22.92	24.69	25.26	23.82	24.09	24.26	0.16	BUENA	BUENA
59		11:00-12:00			24.69	33.99	23.82	35.52	24.26	34.76	10.50	REGULAR	REGULAR
60		17:00-18:00			33.99	28.76	35.52	24.92	34.76	26.84	7.92	BUENA	BUENA
61		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	28.76	26.34	24.92	24.09	26.84	25.22	1.63	BUENA	BUENA
62		11:00-12:00			26.34	36.94	24.09	33.36	25.22	35.15	9.94	BUENA	BUENA
63		17:00-18:00			36.94	22.89	33.36	29.18	35.15	26.04	9.12	BUENA	BUENA
64	Av. Colon	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	22.89	23.02	29.18	27.04	26.04	25.03	1.01	BUENA	BUENA
65		11:00-12:00			23.02	30.53	27.04	33.02	25.03	31.78	6.75	BUENA	BUENA
66		17:00-18:00			30.53	35.50	33.02	32.08	31.78	33.79	2.02	BUENA	BUENA
67		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	35.50	36.87	32.08	34.89	33.79	35.88	2.09	BUENA	BUENA
68		11:00-12:00			36.87	35.04	34.89	32.29	35.88	33.67	2.22	BUENA	BUENA
69		17:00-18:00			35.04	26.69	32.29	27.09	33.67	26.89	6.78	BUENA	BUENA
70		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	26.69	27.37	27.09	26.51	26.89	26.94	0.05	BUENA	BUENA
71		11:00-12:00			27.37	37.16	26.51	34.81	26.94	35.99	9.05	BUENA	BUENA
72		17:00-18:00			37.16	29.79	34.81	28.94	35.99	29.37	6.62	BUENA	BUENA
73	C. Suipacha	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	29.79	26.40	28.94	30.01	29.37	28.21	1.16	BUENA	BUENA
74		11:00-12:00			26.40	30.55	30.01	29.80	28.21	30.18	1.97	BUENA	BUENA
75		17:00-18:00			30.55	32.12	29.80	31.38	30.18	31.75	1.58	BUENA	BUENA
76		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	32.12	29.83	31.38	30.54	31.75	30.19	1.57	BUENA	BUENA
77		11:00-12:00			29.83	32.88	30.54	33.36	30.19	33.12	2.94	BUENA	BUENA
78		17:00-18:00			32.88	28.72	33.36	29.88	33.12	29.30	3.82	BUENA	BUENA
79		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	28.72	29.01	29.88	31.68	29.30	30.35	1.05	BUENA	BUENA
80		11:00-12:00			29.01	37.18	31.68	35.97	30.35	36.58	6.23	BUENA	BUENA
81		17:00-18:00			37.18	22.47	35.97	26.42	36.58	24.45	12.13	REGULAR	REGULAR

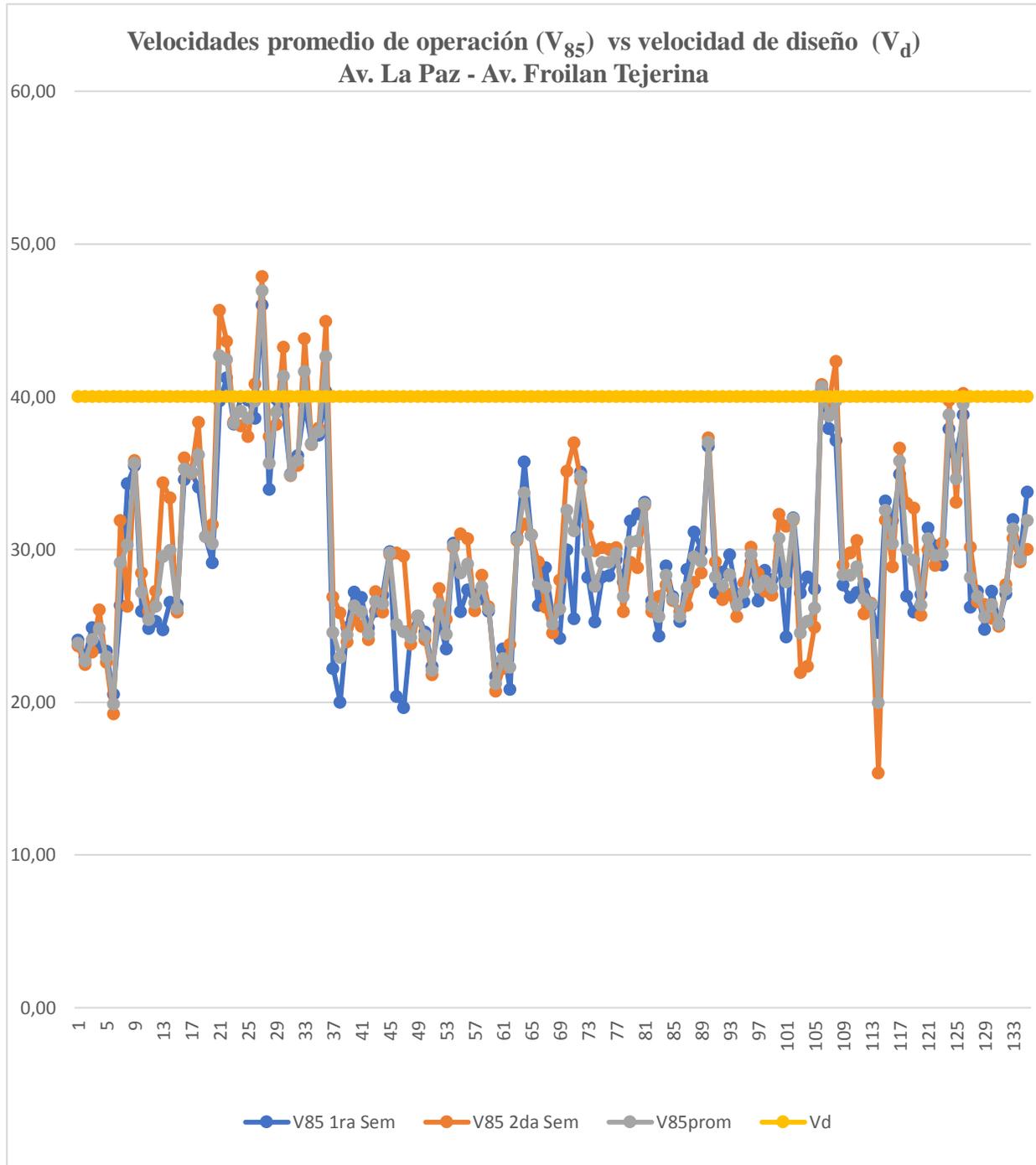
82	C. Méndez	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	22.47	23.14	26.42	28.60	24.45	25.87	1.43	BUENA	BUENA
83		11:00-12:00			23.14	23.71	28.60	24.67	25.87	24.19	1.68	BUENA	BUENA
84		17:00-18:00			23.71	22.69	24.67	24.98	24.19	23.84	0.36	BUENA	BUENA
85		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	22.69	24.24	24.98	23.09	23.84	23.67	0.17	BUENA	BUENA
86		11:00-12:00			24.24	25.25	23.09	25.18	23.67	25.22	1.55	BUENA	BUENA
87		17:00-18:00			25.25	23.97	25.18	23.67	25.22	23.82	1.40	BUENA	BUENA
88		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	23.97	24.69	23.67	24.72	23.82	24.71	0.88	BUENA	BUENA
89		11:00-12:00			24.69	35.72	24.72	35.26	24.71	35.49	10.79	REGULAR	REGULAR
90		17:00-18:00			35.72	18.09	35.26	32.35	35.49	25.22	10.27	REGULAR	REGULAR
91	Av. San Bernardo	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	18.09	13.76	32.35	31.57	25.22	22.67	2.56	BUENA	BUENA
92		11:00-12:00			13.76	20.11	31.57	25.05	22.67	22.58	0.09	BUENA	BUENA
93		17:00-18:00			20.11	23.07	25.05	23.77	22.58	23.42	0.84	BUENA	BUENA
94		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	23.07	18.81	23.77	21.18	23.42	20.00	3.43	BUENA	BUENA
95		11:00-12:00			18.81	20.16	21.18	19.80	20.00	19.98	0.01	BUENA	BUENA
96		17:00-18:00			20.16	24.71	19.80	24.69	19.98	24.70	4.72	BUENA	BUENA
97		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	24.71	23.93	24.69	22.24	24.70	23.09	1.62	BUENA	BUENA
98		11:00-12:00			23.93	27.70	22.24	26.97	23.09	27.34	4.25	BUENA	BUENA
99		17:00-18:00			27.70	27.70	26.97	29.23	27.34	28.47	1.13	BUENA	BUENA
100	C. La Patria	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	27.70	26.68	29.23	30.75	28.47	28.72	0.25	BUENA	BUENA
101		11:00-12:00			26.68	33.97	30.75	35.02	28.72	34.50	5.78	BUENA	BUENA
102		17:00-18:00			33.97	23.09	35.02	23.65	34.50	23.37	11.13	REGULAR	REGULAR
103		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	23.09	20.63	23.65	21.80	23.37	21.22	2.16	BUENA	BUENA
104		11:00-12:00			20.63	19.91	21.80	20.05	21.22	19.98	1.24	BUENA	BUENA
105		17:00-18:00			19.91	23.92	20.05	24.95	19.98	24.44	4.46	BUENA	BUENA
106		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	23.92	22.84	24.95	25.32	24.44	24.08	0.36	BUENA	BUENA
107		11:00-12:00			22.84	35.18	25.32	30.87	24.08	33.03	8.95	BUENA	BUENA
108		17:00-18:00			35.18	25.79	30.87	28.87	33.03	27.33	5.70	BUENA	BUENA

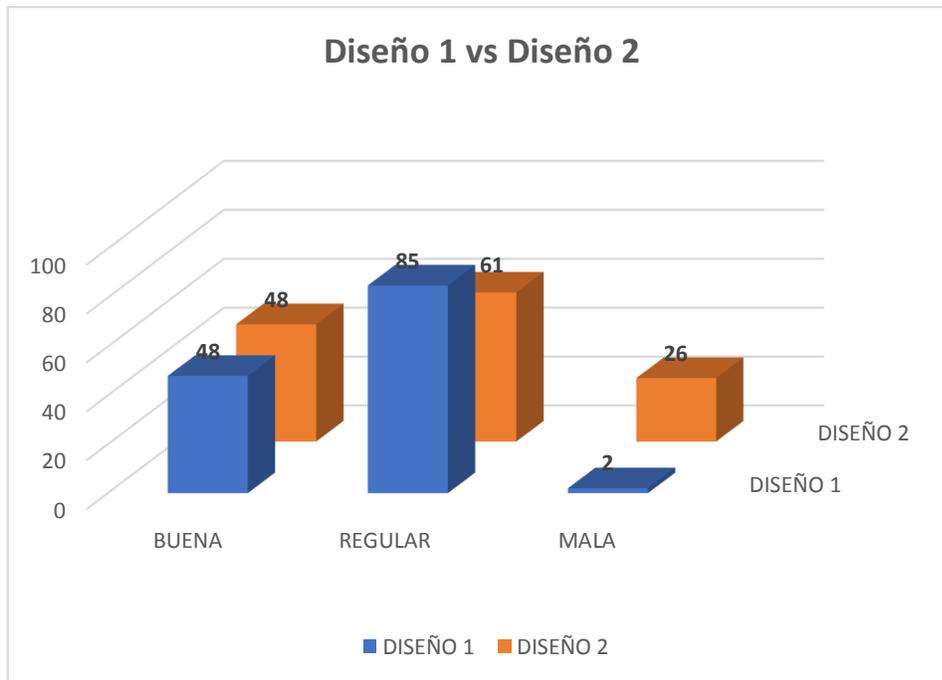
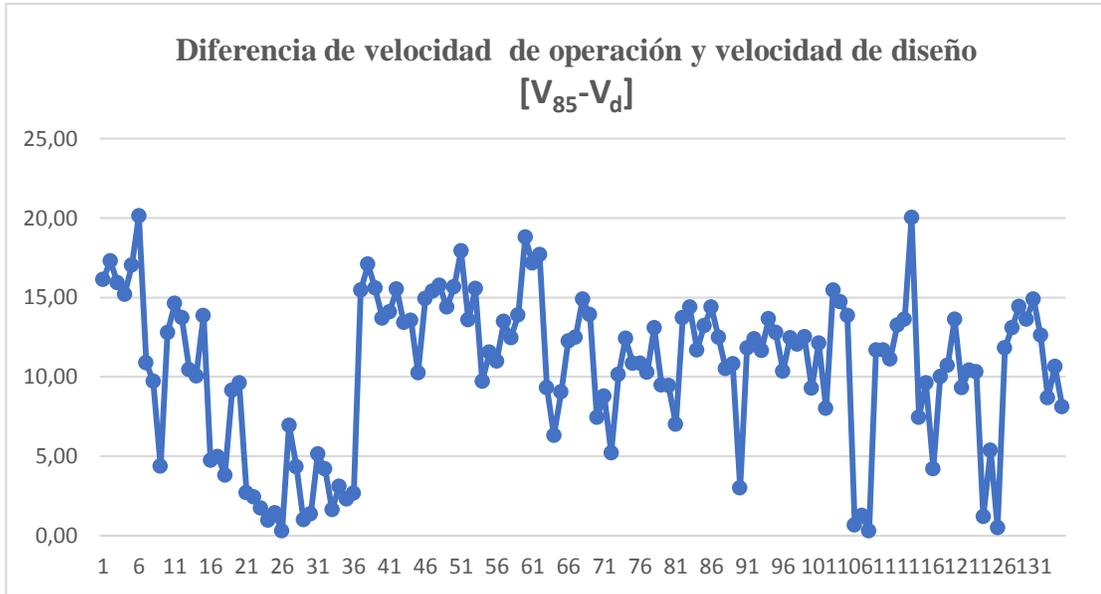
109	C. Santa Cruz	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	25.79	28.32	28.87	30.04	27.33	29.18	1.85	BUENA	BUENA
110		11:00-12:00			28.32	25.34	30.04	23.89	29.18	24.62	4.57	BUENA	BUENA
111		17:00-18:00			25.34	25.47	23.89	22.14	24.62	23.81	0.81	BUENA	BUENA
112		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	25.47	22.83	22.14	23.99	23.81	23.41	0.40	BUENA	BUENA
113		11:00-12:00			22.83	21.95	23.99	24.96	23.41	23.46	0.05	BUENA	BUENA
114		17:00-18:00			21.95	24.25	24.96	24.73	23.46	24.49	1.04	BUENA	BUENA
115		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	24.25	23.83	24.73	23.76	24.49	23.80	0.70	BUENA	BUENA
116		11:00-12:00			23.83	30.26	23.76	29.36	23.80	29.81	6.02	BUENA	BUENA
117		17:00-18:00			30.26	24.65	29.36	29.17	29.81	26.91	2.90	BUENA	BUENA
118	Pasaje Navajas	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	24.65	24.32	29.17	31.84	26.91	28.08	1.17	BUENA	BUENA
119		11:00-12:00			24.32	24.90	31.84	26.57	28.08	25.74	2.35	BUENA	BUENA
120		17:00-18:00			24.90	23.58	26.57	21.81	25.74	22.70	3.04	BUENA	BUENA
121		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	23.58	21.76	21.81	23.50	22.70	22.63	0.06	BUENA	BUENA
122		11:00-12:00			21.76	21.22	23.50	22.10	22.63	21.66	0.97	BUENA	BUENA
123		17:00-18:00			21.22	23.64	22.10	22.65	21.66	23.15	1.49	BUENA	BUENA
124		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	23.64	24.02	22.65	21.13	23.15	22.58	0.57	BUENA	BUENA
125		11:00-12:00			24.02	32.14	21.13	30.73	22.58	31.44	8.86	BUENA	BUENA
126		17:00-18:00			32.14	27.93	30.73	29.03	31.44	28.48	2.96	BUENA	BUENA
127	C. 4 de octubre	8:00-9:00	Martes 27 de abril	Martes 4 de mayo	27.93	25.76	29.03	31.40	28.48	28.58	0.10	BUENA	BUENA
128		11:00-12:00			25.76	33.53	31.40	38.99	28.58	36.26	7.68	BUENA	BUENA
129		17:00-18:00			33.53	25.47	38.99	28.73	36.26	27.10	9.16	BUENA	BUENA
130		8:00-9:00	Jueves 29 de abril	Jueves 6 de mayo	25.47	29.58	28.73	26.32	27.10	27.95	0.85	BUENA	BUENA
131		11:00-12:00			29.58	24.47	26.32	24.97	27.95	24.72	3.23	BUENA	BUENA
132		17:00-18:00			24.47	29.13	24.97	31.72	24.72	30.43	5.71	BUENA	BUENA
133		8:00-9:00	Sabado 1 de mayo	Sabado 8 de mayo	29.13	30.68	31.72	29.86	30.43	30.27	0.15	BUENA	BUENA
134		11:00-12:00			30.68	35.13	29.86	32.13	30.27	33.63	3.36	BUENA	BUENA
135		17:00-18:00			35.13	0.00	32.13	0.00	0.00	0.00	0.00	BUENA	BUENA

Fuente: Elaboración propia

3.9 PERFIL DE VELOCIDADES

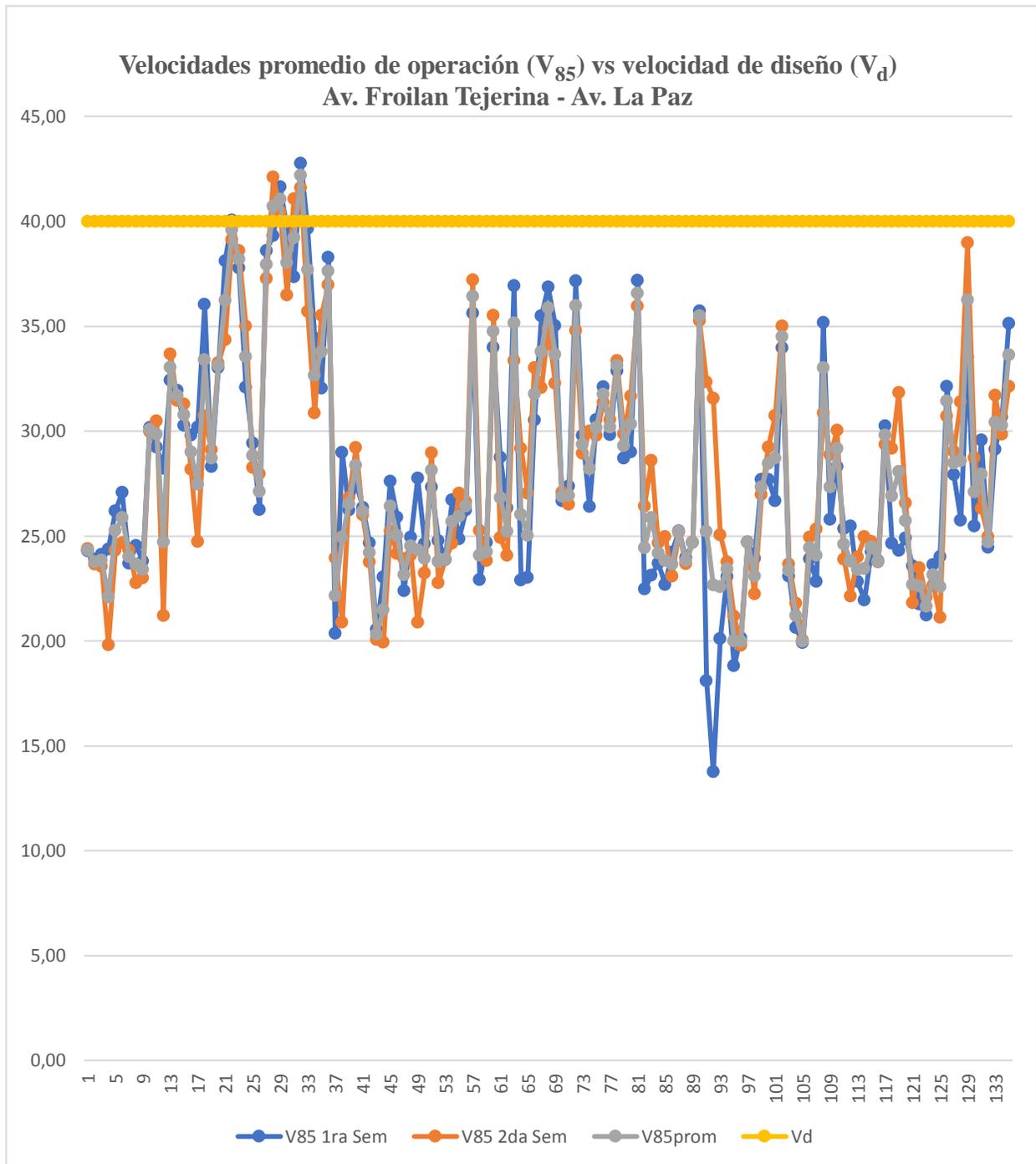
Figura 19 Perfil de velocidades criterio de Lamm I Av. La Paz - Av. Froilán Tejerina

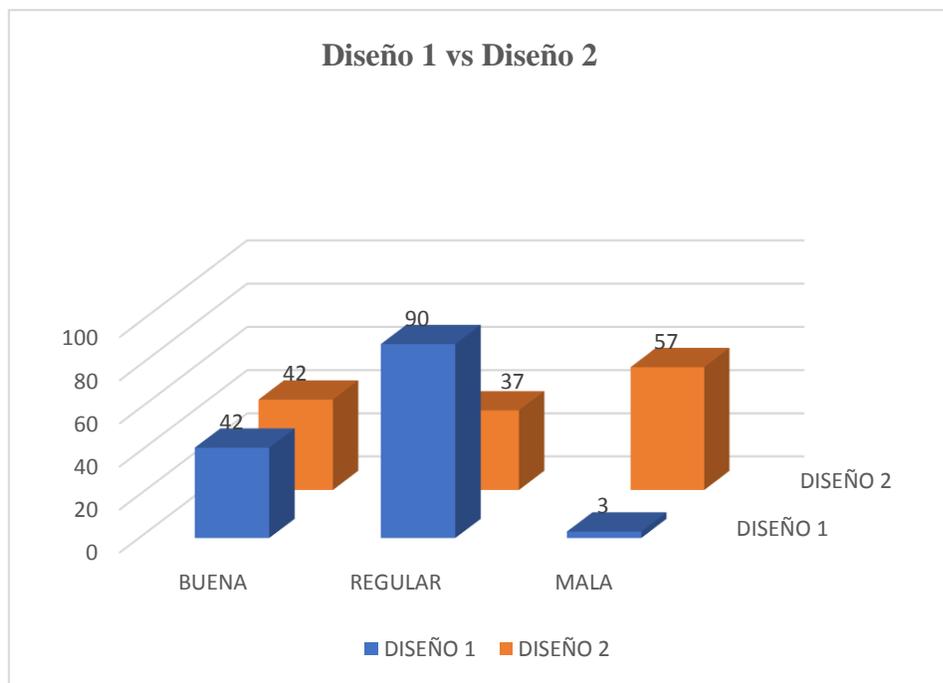
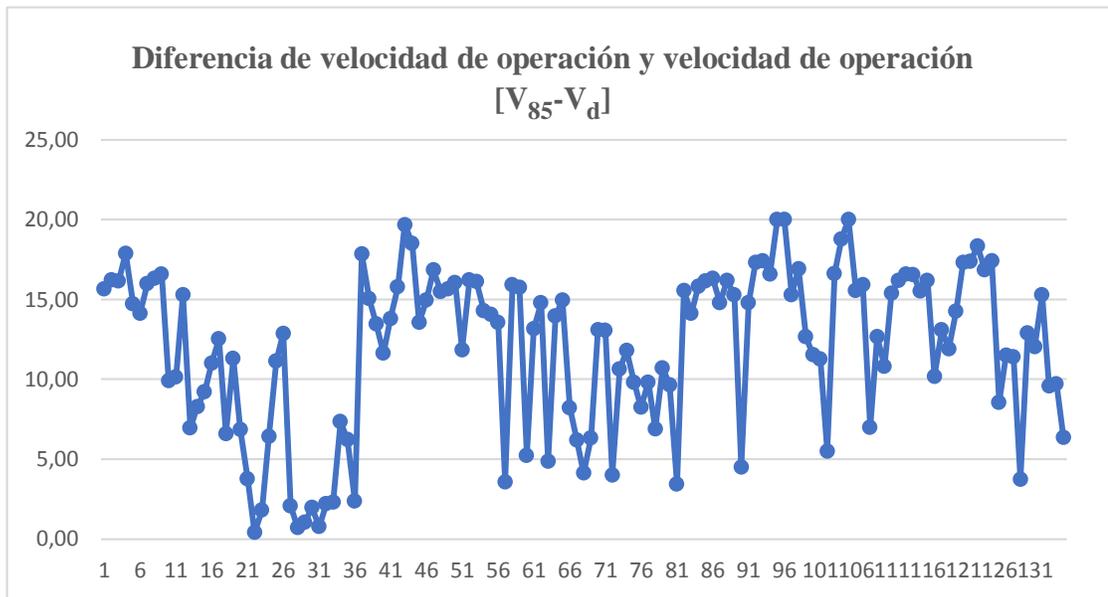




Fuente: Elaboración propia

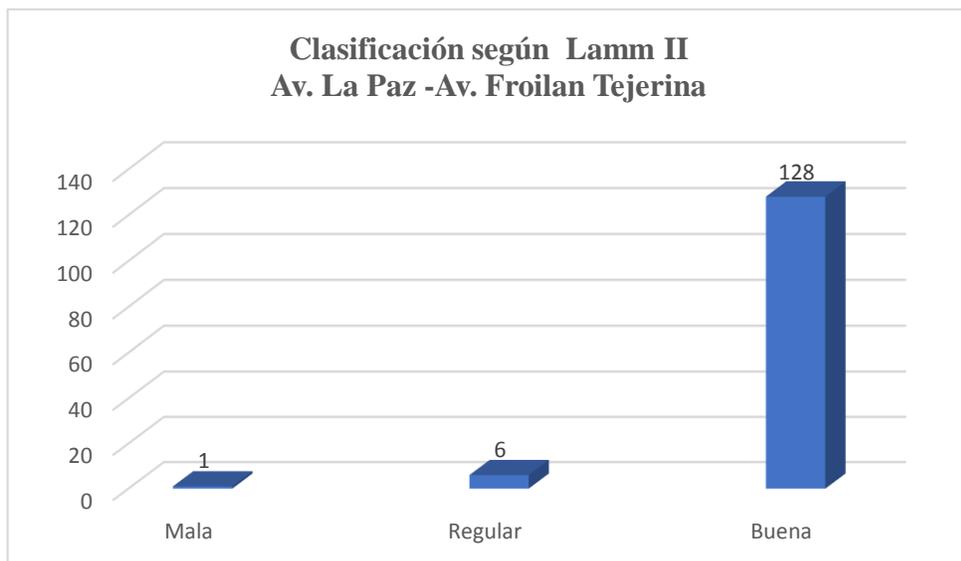
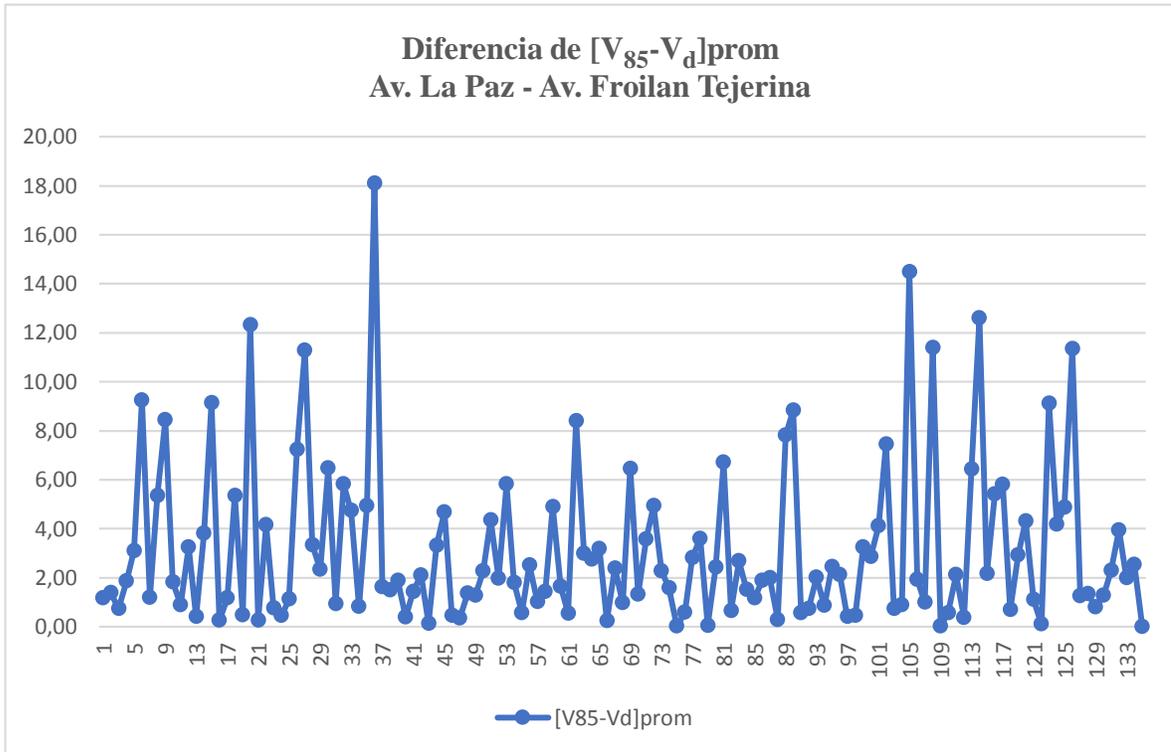
Figura 20 Perfil de velocidades criterio de Lamm I Av. Froilán Tejerina - Av. La Paz





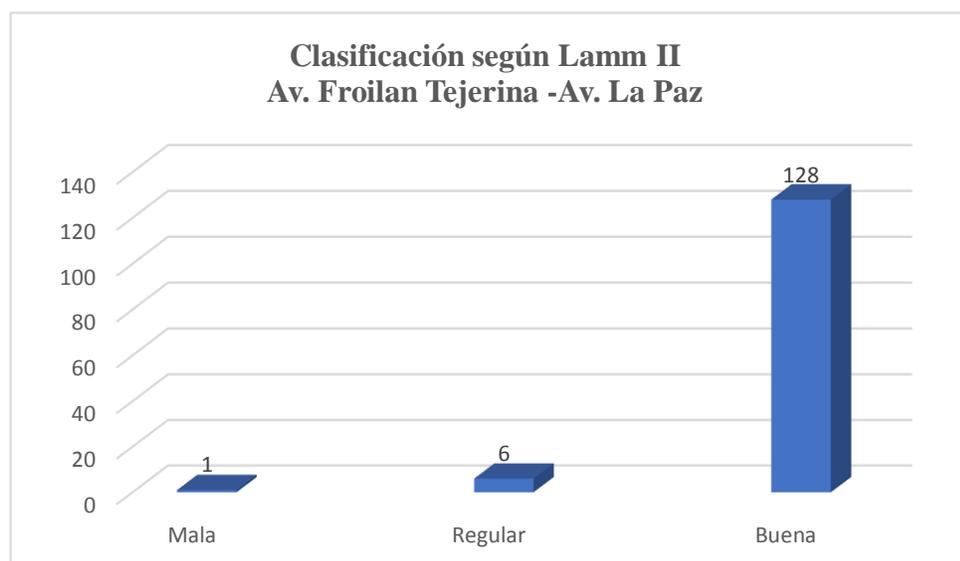
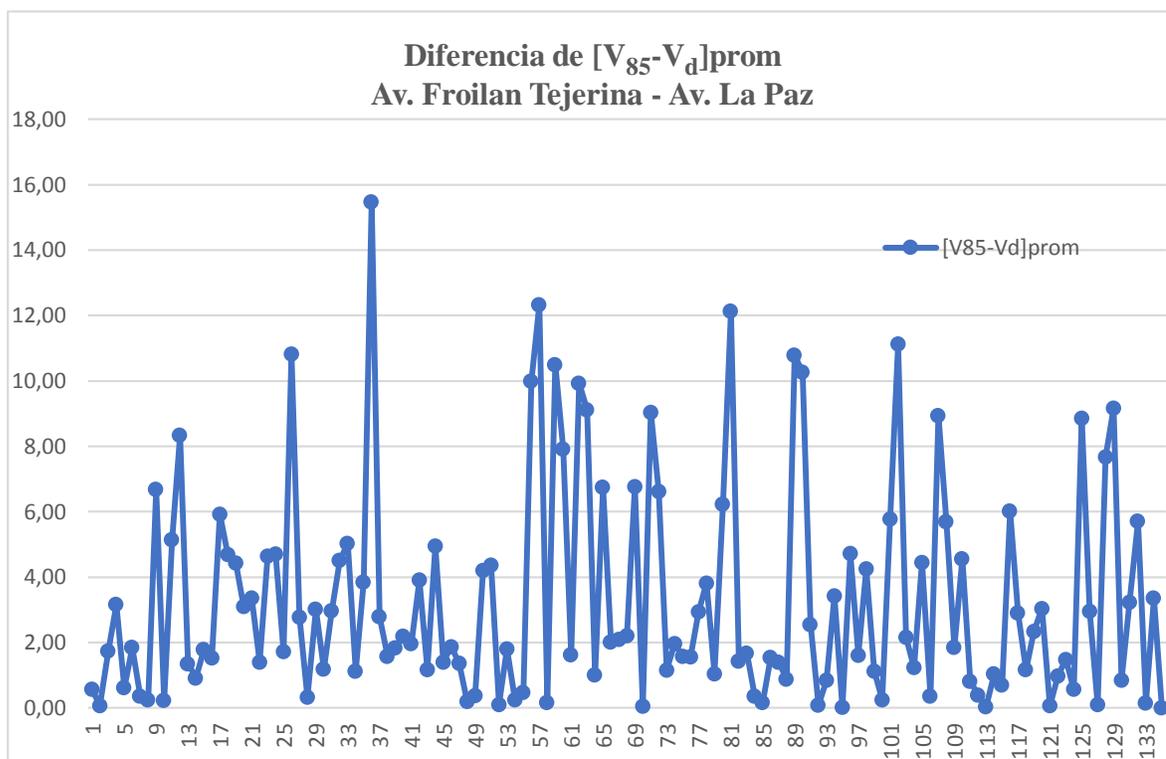
Fuente: Elaboración propia

Figura 21 Perfil de velocidades criterio de Lamm II Av. La Paz - Av. Froilán Tejerina



Fuente: Elaboración propia

Figura 22 Perfil de velocidades Criterio de Lamm II Av. Froilán Tejerina - Av. La Paz



Fuente: Elaboración propia

3.10 ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Mediante el criterio de consistencia de Lamm I, comparación de velocidad de diseño (V_d) vs velocidad de operación (V_{85}) se obtuvo resultados de consistencia buena un total de 33,33% significando que en estos tramos no necesita cambios y que esta de acorde con las expectativas del conductor estos se encuentran en el rango de velocidades de 30 – 40 km/h y una consistencia regular con un total de 35,93% significa que estos tramos necesitan cambios dependiendo a que margen se acerquen de calificación bueno o pobre cuyas velocidades se encuentran en un rango de 20 – 30 km/h y una consistencia mala con un total de 30,74% significa que estos tramos atenta contra los conductores generando un alto índice de accidentes.
- Mediante el criterio de consistencia de Lamm II que no es más que la diferencia de velocidad de operación (V_{85}) entre los elementos geométricos consecutivos es una forma indirecta de cuantificar la sorpresa experimentada por los conductores se obtuvo una consistencia buena con un total de 94,81%, una consistencia regular con un total de 4,44% y una consistencia mala con un 0,74%.
- La gráfica del perfil de velocidades, siendo la comparación de la velocidad de operación (V_{85}) de los vehículos que transitan la vía de doble calzada con la velocidad de diseño (V_d) y la comparación de la velocidad entre elementos consecutivos, permiten detectar los puntos que presentan problemas de consistencia también se puede observar la dispersión existente en las velocidades de operación y se confirma con la teoría que las velocidades de operación no son constantes, el estilo de conducción no se puede estimar con un margen de velocidad de operación.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4 CONCLUSIONES

- Según el criterio de Lamm I, se concluye que la consistencia en la Av. Circunvalación en los tramos Av. Sgto. Froilán Tejerina - Av. La Paz es buena en ambos sentidos con un total de 33.33%, regular con un total de 35.93% y mala con un total de 30.74%. Con el criterio de Lamm II por la diferencia de velocidad de operación (V_{85}) entre los elementos geométricos consecutivos la consistencia es buena con un total de 94.81%, regular con un total de 4.44% el restante 0.74% es de consistencia mala.
- Mediante el perfil de velocidades obtenidos con el Criterio de Lamm I y II se puede observar que la diferencia entre la velocidad de operación (V_{85}) vs velocidad diseño (V_d) son variables porque los conductores no circulan sus vehículos a una misma velocidad ya sea por el factor vehicular, infraestructura, entorno y humano.
- Mediante la aforación de velocidades de operación (V_{85}) se concluyó que la Av. Circunvalación tiene un alto índice de congestionamiento notándose así la gran importancia que tiene esta vía en medio de comunicación.
- Las velocidades críticas sobrepasan los 20 km/h en 8 puntos en el tramo Av. Sgto. Froilán Tejerina - Av. La Paz: C. La Patria, C. General Trigo, C. 4 de octubre, Av. Colón, C. Luis Campero, C. Ernesto Siles, C. Suipacha y C. Ballivián.
- Las velocidades críticas sobrepasan los 20 km/h en todos los puntos del tramo de la Av. La Paz - Av. Sgto. Froilán Tejerina: C. Santo Tomas, Av. San Cristóbal, C. Santa Cruz, C. La Patria, Av. San Bernardo, C. 17 de agosto, C. Suipacha, Av. Colon, C. General Trigo, C. 12 de octubre, Av. Mejillones, C. Ballivián, C. Ernesto Siles, C. Luis Campero y Av. Sgto. Froilán Tejerina.
- La velocidad de diseño (V_d) debe ser mayor que la velocidad de operación (V_{85})

para tener una transitabilidad consistentemente segura, la velocidad de operación sobrepasa a la de diseño en varios puntos de la vía lo que demuestra que es una vía muy insegura, el tramo estudiado en diseño geométrico cumple con capacidades de consistencia para velocidades de 40 km/h ya que la vía fue diseñada como una vía local por esta razón la vía en momentos a un flujo libre es consistente para altas velocidades, el crecimiento de la mancha urbana desmedido generó un embotellamiento descontrolado por falta de accesos y puentes en sus alrededores congestionando altamente esta vía la cual se convirtió en acceso para redes locales de tal manera bajo de categoría y está funcionando como vía de alto tonelaje, lo cual nos deja claro que el transporte pesado y el transporte liviano juntos están ocasionando una inconsistencia abrumadora en esta vía de doble calzada.

- A pesar de todo se pudo realizar la obtención de datos de velocidades de operación en una situación que es muy crítica a nivel mundial (pandemia Covid-19) afectando en gran magnitud a todos los niveles sociales (trabajo, salud, educación y servicio de transporte), este estudio que se realizó de consistencia vehicular en la avenida Circunvalación; sirve muchísimo como antecedente de comportamiento de tráfico vehicular en una crisis mundial.

4.1 Recomendaciones

- La teoría nos indica que el diseño geométrico no tiene inconsistencia, sufre de un congestionamiento vehicular.
- No se puede generar un nuevo diseño geométrico ya que existe una alta densidad de urbanización y hace imposible el rediseño de esta vía lo cual generaría altos costos.
- Lo más factible en esta situación es redirigir el caos vehicular habilitando los accesos y dando mantenimiento a los mismos ya que los usuarios conductores evitan ir por caminos malos generando colas por los accesos buenos lo cual baja el nivel de consistencia vehicular.
- Reorganizar la sincronización de semáforos e implementar en sectores donde sea necesario esto ayudara al mejoramiento de la consistencia vehicular.

- Realizar un mantenimiento de bacheo y un recapamiento con micro pavimento para ayudar los movimientos impredecibles por el mal estado está generando inseguridad y disminuyendo la consistencia vehicular.
- Realizar una remarcación de señaléticas horizontales y verticales ya que estos aspectos influyen de manera microscópica a la consistencia vehicular.
- Se recomienda reubicar las ferias barriales de ropa usadas, ya que estas son principalmente las generadoras del congestionamiento vehicular el cual influyen de gran manera a la consistencia vehicular.