

CAPITULO I. INTRODUCCION

1.1 GENERALIDADES.

Contar con una buena circulación vial es de gran importancia; ya que de la buena circulación en carreteras de pendientes ascendentes dependerá la seguridad y vida de pasajeros y un buen nivel de servicio.

Dependiendo de cada país y el desarrollo que haya existido en este se tiene que en algunos de los sistemas de transporte tenga mayor incidencia que otro, es así por ejemplo que en América el 67 % del transporte se realiza por un sistema de carreteras, seguido por el sistema de ferrocarril, marítimo y por ultimo aéreo, esto debido a las características de conformación topográfica, geográfica y de desarrollo económico de estos países.

En nuestro país el mayor sistema de transporte todo para carga y pasajeros en el de carreteras alcanzando aproximadamente el 75% seguido por el sistema ferroviario y aéreo.

A pesar de ser el sistema más importante el sistema carretero somos un país con una red vial pequeña de caminos asfaltados de los cuales Bermejo cuenta con 200 km, Tarija 180 km, y el Chaco 150 km. se encuentran en nuestro departamento, las condiciones económicas, topográficas y geográficas hacen que nuestro país abrir nuevas redes viales tengan alto costo de difícil concreción a corto plazo.

En ciertos países, incluyendo al nuestro, la incorporación de mayor cantidad de vehículos pesados no solo ha mejorado el transporte, ya que también ha elevado el nivel económico general del país, por lo que se puede afirmar que la relación de habitantes por vehículo es un indicador para apreciar el progreso de un determinado territorio.

Por lo tanto, es indispensable que cada país mejore las condiciones del transporte para su progreso y de esta manera poder transportar los bienes de consumo desde las fuentes de producción hasta los mercados y de allí comercializarlo a la población.

Actualmente, es inevitable que aumente el número de vehículos pesado cada año, lo que es deseable y conveniente, logrando así reducir más la actual relación de habitantes por vehículo.

La cantidad de carreteras con pendientes ascendentes se debe a la geografía de nuestro país, en nuestro departamento se pueden observar estas carreteras que son de gran transitabilidad ya que son carreteras fronterizas que conectan con otros departamentos y países donde es apreciable las variaciones de velocidad que se pueden aplicar ya sea en entrada o salidas de las mismas.

Al circular por una pendiente ascendente se produce el efecto contrario que en las pendientes descendentes, es decir, el punto de aplicación del peso se desplaza hacia las ruedas traseras. Esta circunstancia significa que, una frenada no es tan relevante como si circulamos en pendiente descendente, pero no significa que debamos bajar la guardia a la hora de frenar, sino que no es tan alta la probabilidad de sobre viraje en esta circunstancia.

En cambio, lo que aumenta es la probabilidad de subviraje ya que el eje delantero está más “descargado” de peso al apuntar este vector hacia las ruedas traseras. Esta circunstancia puede cobrar especial importancia si se acelera un vehículo en curva, ya que el punto de aplicación del peso se irá todavía más hacia atrás, pudiendo producirse una pérdida de agarre del eje delantero tal que no permita a los neumáticos obedecer la dirección que les impone el conductor a través del volante, es decir, el vehículo continuaría en línea recta produciéndose un subviraje que puede terminar con el vehículo en el sentido contrario (en curvas a derecha) o en el exterior de la vía (en curvas a izquierda).

En esta circunstancia, si el conductor está bien formado y no se asusta, debería dejar de acelerar para volver a desplazar algo más de peso al eje delantero y aumentar el

agarre para trazar la curva. Lo más desaconsejado sería acelerar aún más, especialmente en un vehículo de tracción.

Cuando el vehículo circula por terreno inclinado el peso se descompone en dos fuerzas. La primera de ellas en sentido longitudinal de la marcha se opone o ayuda al movimiento del vehículo, según este esté circulando por una pendiente ascendente o descendente. La segunda es en realidad el peso normal a la superficie de rodadura que en el caso de que esta sea horizontal, es la única componente del peso.

1.2 JUSTIFICACIÓN.

La presente investigación se realizara debido a que es de gran importancia contar con un estudio del comportamiento y efectos negativos en la circulación de vehículos pesados en pendientes ascendentes ya que en gran parte de nuestro departamento contamos con carreteras de este tipo, por eso esta investigación viene destinada al estudio de circulación de vehículos pesados en pendientes ya mencionadas para así poder sacar una conclusión observando si es factible o no realizar diseños de pistas exiliares para estas carreteras.

La potencia es la cantidad de esfuerzo necesario para poner en movimiento un vehículo, esta potencia en los vehículos de combustión interna está ligado al número de giros que se produce en el par motor siendo su relación proporcional entre el número de giros del par motor y la potencia del vehículo.

Para tener un mayor número de giros en el par motor se requiere mayor esfuerzo que está dado por un mayor número de revoluciones en el par motor. La tecnología actual tiende a construir o fabricar motores a combustión interna cuyas revoluciones del par motor requieren la menor cantidad de esfuerzo esto se ha conseguido de alguna manera en los vehículos livianos sin embargo en los vehículos pesados para alcanzar potencias altas se requiere mayor esfuerzo que ha obligado en la mayoría de los casos en los motores a combustión interna a cambiar a la gasolina por el diesel.

En la práctica lo que interesa es que un vehículo tenga la suficiente potencia para contrarrestar todas las resistencias a la circulación y tener una parte de esta para mantener en movimiento al vehículo.

En nuestro país este tema deberá ser analizado con mucha más profundidad debido a que la mayoría de los vehículos fabricado en el exterior tienen una potencia teórica para trabajar al nivel del mar y en carreteras cuyas pendientes máximas no superen el 5% contrariamente en nuestro país tenemos carreteras que están a más de 3000 metros de altura s.n.m. que afectan en la tracción automotora disminuyendo su eficiencia y que transitan por carreteras cuya pendiente llega hasta el 10% en algunos casos, es por ello que la potencia efectiva de los vehículos en el caso de los livianos llega a ser del 80 a 90% y en el caso de los vehículos pesados del 55 al 70%

Al circular por una pendiente ascendente se produce el efecto contrario que en las pendientes descendentes, es decir, el punto de aplicación del peso se desplaza hacia las ruedas traseras. Esta circunstancia significa que, una frenada no es tan relevante como si circulamos en pendiente descendente, pero no significa que debamos bajar la guardia a la hora de frenar, sino que no es tan alta la probabilidad de sobre viraje en esta circunstancia. Lo primero que se observa en una carretera de pendiente ascendente es como varía la velocidad de los vehículos transitantes. Debido a la necesidad de estandarizar el comportamiento de los camiones en pendientes ascendentes, las normas de diseño geométrico utilizan perfiles de velocidad estandarizados.

En pendientes ascendentes la velocidad disminuye desde un valor inicial hasta una velocidad de equilibrio. Esta desaceleración ocurre debido al aumento de las fuerzas tractivas frente a la fuerza proporcionada por el motor. Al equilibrarla, la velocidad permanece constante en todo el tramo carretero esto provoca que todos los vehículos que están por detrás también tengan que disminuir la velocidad.

Las normas revisadas utilizan el perfil de velocidad de vehículos que enfrentan una pendiente ascendente para definir las pendientes máximas permitidas, la longitud máxima de la pendiente.

Para obtener un buen nivel de servicio para el tránsito de vehículos pesados en pendientes ascendentes es necesario un diseño para evaluar **la necesidad de proyectar pistas auxiliares, bajo criterios de seguridad.**

Los resultados obtenidos podrán verificar si es necesario proyectar pistas exclusivas de ascenso para vehículos pesados.

1.3 SITUACIÓN PROBLEMICA.

Actualmente en nuestras carreteras es común ver vehículos pesados en carreteras de pendientes ascendentes, haciendo que haya variación de la velocidad de un vehículo pesado a medida que avanza por un tramo y ocasionando efectos negativos sobre todo para los vehículos livianos anteriores a los mencionados.

La incorporación de mayor cantidad de vehículos pesados, no solo ha mejorado el transporte, ya que también ha elevado el nivel económico general del país, por ser estos vehículos más lentos, no sólo en velocidad sino también en la realización de maniobras, su presencia tiende a disminuir la capacidad.

El vehículo ha tenido desde sus inicios una constante transformación en cuanto a sus características físicas de ancho y largo sin embargo la tendencia actual es la de estandarizar estas dimensiones en todas las fabricas habiendo la tendencia de reducir la dimensiones y aumentar la potencia y velocidad.

Estas dimensiones sin embargo varían de acuerdo a los tipos de vehículos considerando como tipos de vehículos a los automóviles, camiones y autobuses. En nuestras carreteras con pendientes ascendentes, las dimensiones de los vehículos pesados hacen que se afecte la visibilidad de adelantamiento de los vehículos livianos, les resulta difícil adelantar a los vehículos pesados por la menor aceleración disponible.

Para estas carreteras donde es evidente la circulación de vehículos pesados, no se diseñaron carriles lentos para transporte pesado, donde se necesita evaluar la necesidad de proyectar pistas auxiliares, bajo criterios de seguridad y de nivel de

servicio. En estas carreteras no se diseñaron carriles lentos para transporte pesado, haciendo que los camiones en una pendiente ascendente afecte la circulación de los demás vehículos ya que si la pendiente de la vía es ascendente, la velocidad de los vehículos será menor y la capacidad se reducirá. En numerosos tramos con pendiente ascendente no cuentan con acotaciones ya que estos proporcionan un lugar para que los vehículos se estacionen cuando sufran algún desperfecto o por cualquier otra causa, donde se pueden apreciar los efectos negativos de la circulación de vehículos pesados ya que impiden la circulación de los demás vehículos, siendo perjudicial ya que en ocasiones se tarda hasta más de 24 horas para habilitar la circulación.

El efecto de las pendientes está muy ligado al tráfico pesado. Desde el punto de vista de la capacidad, la pendiente solo tiene efectos favorables cuando obliga a reducir la velocidad de los camiones por debajo de 50 km/h a cuya velocidad se alcanza aproximadamente la máxima capacidad. El efecto sobre la velocidad de servicio se produce mucho antes y por tanto la pendiente influye considerablemente en los niveles de servicio, cuando el porcentaje de vehículos pesados es apreciable.

1.3.1 PROBLEMA.

El problema que se emplea para este estudio es el siguiente: ¿Será que la presencia de vehículos pesados provoca incidencia negativa en la velocidad, el volumen, la capacidad vehicular y los niveles de servicio sobre la circulación vehicular de vías con pendientes ascendentes?

1.3.2 HIPOTESIS.

La presencia de vehículos pesados permite obtener resultados del comportamiento de velocidades, obteniendo variaciones de velocidades, de volúmenes, de capacidad vehicular y de niveles de servicio que provocan la presencia de vehículos pesados sobre la circulación vehicular de vías con pendientes ascendentes.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivo General.

- ⊕ El presente proyecto tiene como objetivo analizar los parámetros fundamentales de velocidad, volumen, capacidad vehicular y nivel de servicio que inciden en la circulación de vehículos pesados en pendientes ascendentes para mejorar la circulación de los vehículos.

1.4.2 Objetivo Específico.

- ⊕ Analizar los aspectos generales sobre el diseño geométrico en la altimetría de las carreteras en función de la normativa vigente.
- ⊕ Establecer las características y condiciones de circulación de los vehículos pesados en carreteras.
- ⊕ Ubicar los tramos de estudios cuyas características geométricas sean con pendientes ascendentes.
- ⊕ Determinar perfiles de velocidad y la variación de la misma de vehículos pesados en tramos de carreteras con pendiente ascendente.
- ⊕ Evaluar el efecto en los volúmenes de tráfico en los tramos de estudio en pendiente ascendente.
- ⊕ Evaluar el efecto de la presencia de los vehículos pesados en la capacidad vehicular y nivel de servicio en los tramos de estudio.
- ⊕ Analizar en función de los resultados de campo obtenidos los efectos negativos del comportamiento de vehículos pesados en pendientes ascendentes para sustentar posibles soluciones alternativas en el trazado o en la circulación, para carreteras similares que están en servicio o van a ser diseñadas.

⊕ Establecer conclusiones y recomendaciones en base a los resultados y análisis obtenidos

1.5 ALCANCE.

El trabajo de estudio tendrá como alcance las siguientes características:

Inicialmente se tiene la introducción donde se establece el problema fundamental del comportamiento y efectos negativos de la circulación de vehículos pesados en pendientes ascendentes que atraviesan carreteras de nuestro departamento, además se justificará las razones por la cual se debe realizar este estudio, estableciendo clara y puntualmente el objetivo general a lograr así como también los específicos.

Luego se expondrá conceptos fundamentales sobre la circulación de vehículos en vías, concentrándonos específicamente en las características de las vías haciendo énfasis en sus características, ancho de carril, obstáculos laterales a la calzada y ancho de berma, carriles auxiliares, trazado, y pendiente. Además de descubrir todo en cuanto a los aspectos generales sobre factores que se refieren al tráfico como vehículos pesados, factores geométricos e interrupciones de circulación.

Posteriormente se expondrá conceptos fundamentales sobre vehículos pesados y su influencia en la circulación, determinando los factores que afectan a la capacidad y los niveles de servicio, las características de circulación, características del vehículo como la estática, cinemática y dinámica, así también los tipos de vehículos pesados que circulan en nuestro medio. Además de estudiar el efecto que causan la pendiente en la circulación de vehículos pesados y su relación entre estos.

En la aplicación práctica se realizará todo el trabajo de aplicación y práctica del estudio, estableciendo la ubicación y características del tramo de estudio, definiendo

6 tramos de estudio, todos los tramos con la particularidad de sub tramos con pendiente ascendente y presencia de vehículos pesados en diferentes porcentajes.

En cada uno de los sub tramos de estudio se realizaran aforos de velocidades y volúmenes en horas pico de intensidad máxima por un tiempo de 1 mes para obtener información suficiente sobre el comportamiento de vehículos pesados en sub tramos de pendiente ascendente, con la incorporación de aforos en los sub tramos se realizará un trabajo de gabinete para determinar en un análisis de comportamiento los efectos e incidencias que tiene la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes.

Luego se realizara un análisis de resultados para establecer conclusiones del estudio.

En conclusión el alcance del trabajo estará dirigido hacia el estudio del comportamiento y efectos negativos de la circulación de vehículos pesados en pendientes ascendentes en carreteras de nuestro departamento mediante la elaboración de los capítulos respectivos en donde se establecerá en cada uno de ellos aspectos relevantes, los cuales permitirán llevar a cabo el presente trabajo de Estudio.

CAPITULO II. ASPECTOS DE LA CIRCULACION DE VEHICULOS EN VIAS.

1.1 INTRODUCCION.

Las carreteras y caminos son obras tridimensionales, cuyos elementos quedan definidos mediante las proyecciones sobre los planos ortogonales de referencia: Planta, Elevación y Sección Transversal. El elemento básico para tal definición es el eje de la vía, cuyas proyecciones en planta y elevación definen la planta y el alineamiento vertical respectivamente. Estos ejes en planta y elevación, deben cumplir con una serie de normas y recomendaciones. Estas pretenden conciliar la conveniencia económica de adaptarlos lo más posibles al terreno, con las exigencias técnicas requeridas para posibilitar desplazamientos seguros de un conjunto de vehículos a una cierta velocidad, definida genéricamente como Velocidad de Proyecto. La elección y definición del conjunto de elementos de planta y elevación y de sus combinaciones, reguladas y normalizadas según una Instrucción de Diseño, constituye el trazado del eje y, por extensión, de la carretera.

1.2 CLASIFICACION DE LA RED VIAL.

La clasificación de carreteras y caminos motivo de la presente sección está orientada específicamente al diseño. Sin embargo en Bolivia existe una clasificación definida en 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.

Categoría de las vías: La clasificación para diseño consulta seis categorías divididas en dos grupos, ellas son:

1.2.1 SEGÚN SUS CONDICIONES OROGRÁFICAS.

Cada Categoría se subdivide según las Velocidades de Proyecto consideradas al

interior de la categoría. Las Vp más altas corresponden a trazados en terrenos Llanos, las intermedias en terrenos ondulados y las más bajas a terreno montañoso o cuyo extorno presenta limitaciones severas para el trazado. El alcance general de dicha terminología es:

- ⊕ **Carreteras en 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 $\pm 3\%$.
- ⊕ **Carreteras en terreno ondulado**, Está constituido por un relieve con frecuentes cambios de cota que si bien no son demasiado importantes en términos absolutos, son repetitivos, lo que obliga a emplear frecuentemente pendientes de distinto sentido que pueden fluctuar entre 3 al 6%, según la Categoría de la ruta. El trazado en planta puede estar condicionado en buena medida por el relieve del terreno, con el objeto de evitar cortes y terraplenes de gran altura, lo que justificará un uso más frecuente de elementos del orden de los mínimos. Según la importancia de las ondulaciones del terreno se podrá tener un Ondulado Medio o uno Franco o Fuerte.
- ⊕ **Carreteras en terreno montañoso**, Está constituido por cordones montañosos o “Cuestas”, en las cuales el trazado salva desniveles considerables en términos absolutos. La rasante del proyecto presenta pendientes sostenidas de 4 a 9%, según la Categoría del Camino, ya sea subiendo o bajando. La planta está controlada por el relieve del terreno (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 de características mínimas será frecuente y obligado.

1.2.2 SEGÚN SUS CARRETERAS: AUTOPISTAS, AUTORRUTAS Y PRIMARIAS.

Tenemos las siguientes:

⊕ **Carreteras Autopistas**, 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 considerables, 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 calzada a 3 carriles futuros. En ese caso las estructuras deberán construirse desde el inicio para dar cabida a la sección final considerada. En ellas se autorizará sólo 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 aceptables las

Autopistas deberán contar con Control Total de Acceso a todo lo largo del trazado, respecto de los vehículos, peatones y animales que se encuentren 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 enlace, o se considerará el diseño de accesos direccionales aislados.

⊕ **Carreteras Autorrutas**, 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 sub tramos 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 cuyas dimensiones mínimas se especifican en el Capítulo 3. 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 Administradora Boliviana de Carreteras según las circunstancias particulares de cada emplazamiento; en todo caso resulta conveniente que el espacio libre entre extremos de carriles de cambio de velocidad de enlaces sucesivos no sea menor que 3,0 Km.

⊕ **Carreteras Primarias (IB)**, 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 central que al menos de cabida a una barrera física entre ambas calzadas más 1,0 m libre desde ésta al borde interior de los carriles adyacentes, pero por lo general se tratará de una calzada con dos carriles para tránsito bidireccional. Las Velocidades de Proyecto consideradas son las mismas que para las Autorrutas, de modo que en el futuro mediante un cambio de estándar puedan adquirir las características de Autorruta:

TABLA 2 - 1: Velocidades de Diseño para Carreteras Primarias.

| CALZADAS | TERRENO LLANO Y OND. FUERTE | TERRENO MONTAÑOSO |
|---------------------------|--------------------------------|-------------------|
| Calzadas Unidireccionales | 100- 90 Km/h | 80 Km/h |
| Calzadas Bireccionales | 100- 90 Km/h | 80 Km/h |

Fuente: Administradora de Carreteras de Bolivia. Capítulo I. Controles Básicos de Diseño

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 considerados 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.

⊕ **Carreteras de Caminos Colectores**, 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 ciclo vías. 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. En zonas densamente pobladas se construirán carriles auxiliares en que se habilitarán Ciclo vías.

1.2.3 CAMINOS: COLECTORES, LOCALES Y DE DESARROLLO.

⊕ **Caminos Colectores**, 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 ciclo vías. 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. En zonas densamente pobladas se construirán carriles auxiliares en que se habilitarán Ciclo vías.

⊕ **Caminos Locales,** Son caminos que se conectan a los Caminos Colectores. Están destinados a dar servicio preferentemente a la propiedad adyacente. Son pertinentes las Ciclo vías. La sección transversal prevista consulta dos carriles bidireccionales de las dimensiones especificadas en la Sección 1.3 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.

⊕ **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/hr 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.

1.3 ELEMENTOS EN LA CIRCULACIÓN.

1.3.1 VEHICULOS.

En ciertos países, la incorporación de mayor cantidad de vehículos no solo ha mejorado el transporte, ya que también ha elevado el nivel económico general del país, por lo que se puede afirmar que la relación de habitantes por vehículo es un indicador para apreciar el progreso de un determinado territorio.

Por lo tanto, es indispensable que cada país mejore las condiciones del transporte para su progreso y de esta manera poder transportar los bienes de consumo desde las fuentes de producción hasta los mercados y de allí comercializarlo a la población.

Actualmente, es inevitable que aumente el número de vehículos cada año, lo que es deseable y conveniente, logrando así reducir más la actual relación de habitantes por vehículo.

Un vehículo es un medio de locomoción que permite el traslado de un lugar a otro. Ya que casi todas las carreteras, alojan automóviles particulares como tránsito de camiones es esencial que los criterios de diseños consideren las características a seguir por un ingeniero de la carretera o de tránsito, ambos para el diseño de la carretera y de sistemas de control de tránsito, que permitan la operación segura y sin contratiempo de un vehículo en movimiento, especialmente durante las maniobras básicas de paso, alto total y dar vuelta.

Las características de un vehículo y el buen funcionamiento de éste darán lugar a un buen tránsito.

1.3.2 PEATONES.

Peatón es considerado a toda la población en general, son todas aquellas personas desde un año hasta cien años de edad.

En la mayoría de los casos las calles y carreteras son compartidos por los peatones y vehículos, excepto en la Autopistas el tráfico de los peatones es prohibido. Los accidentes sufridos por peatones se deben a que no respetan las zonas destinadas a ellos, ya sea por falta de conocimiento u otro factor. Por lo tanto se deberá estudiar al peatón no solamente por ser víctima, sino porque también es una de las causas, para la cual es necesario conocer las características del movimiento de los peatones y la influencia que tienen ciertas características como ser la edad, sexo, motivo de recorrido, etc.

1.4 CARACTERISTICAS DE LAS VIAS.

1.4.1 ANCHO DE CALZADA.

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 éstos adelanten a otros más lentos. Toda nueva carretera de 4 o más carriles, con calzadas unidireccionales en plataforma única, deberá contar con un espacio libre entre los bordes interiores de los pavimentos de cada calzada, denominado “Cantero central”, el que normalmente tendrá un ancho constante según lo definido en el perfil tipo de la carretera. Las carreteras con calzadas unidireccionales diseñadas en plataforma independientes, normalmente tendrán distancias variables entre sus ejes,

de dimensiones tales, que el espacio intermedio ya no constituye un cantero central con perfil tipo predefinido, pudiendo llegar a ser una superficie irregular de terreno natural. Existen ciertos tipos de carriles especiales, con funciones específicas, que aumenta sólo localmente el ancho de una calzada. Estos son los carriles lentos y carriles rápidos, los carriles de trenzado y los carriles de cambio de velocidad. Todas ellas son estrictamente unidireccionales. Las calzadas pueden ser pavimentada o no. Si son pavimentadas, quedarán comprendidas entre las bermas. La demarcación de ejes y bordes que ayuda a definir los carriles y el ancho total de la calzada, se ejecutará en conformidad con las disposiciones vigentes de la Administradora Boliviana de Carreteras

En la Tabla 2-2 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. Salvo en los casos de Caminos Locales y de Desarrollo con velocidades de proyecto menores o iguales que 60 km/h, en los que la Administradora Boliviana de Carreteras podrá autorizar ancho de carriles de menos de 3,5 m, para todas las demás categorías y velocidades de proyecto el ancho mínimo de carriles será de 3,5 m.

Las Bermas, Sobreancho de Plataforma (SAP) y Cantero central, que se definen más adelante, poseerán anchos definidos en función de la Categoría y Velocidad de Proyecto. La selección de la Sección Transversal Tipo de una carretera o camino dentro de las definidas en la Tabla 3.1-1, dependerá de la función asignada al proyecto, del tipo de terreno en que ésta se emplaza y del estudio de tránsito que permite anticipar la evolución del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) y del Volumen Horario de Diseño (VHD) a lo largo del tiempo, y en particular al horizonte de diseño.

Las características geométricas del trazado propuesto permitirán calcular la Capacidad de la vía y los Volúmenes y Niveles de Servicio, que contrastados con las predicciones del volumen de demanda a lo largo del tiempo, permitirán verificar si se cumple la función asignada al proyecto.

TABLA 2 - 2 : Cuadro resumen de anchos de plataforma en terraplén y de sus elementos a nivel de rasante.

| NUMERO DE CLAZADAS Y CATEGORIA | VELOCIDAD DE PROYECTO | ANCHO PISTAS "a"m (1) | ANCHO BERMAS | | ANCHO SAP (3) | | ANCHO CANTERO CENTRAL - M (m) | | | ANCHO TOTAL DE PLATAFORMA A NIVEL DE RAZANTE ATP=na+2(be+se)+M final | | | | |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------|--------------------------|---|----------|----------|-----------|----------|
| | | | "bi" INTERIOR (m) | "be" EXTERIOR (m) | "Si" INTERIOR (m) | "Se" EXTERIOR (m) | INICIAL 4 PISTAS AMPLIABLE a 6 | FINAL 6 PISTAS | FINAL = INICIAL 4 PISTAS | 6 PISTAS Y 4 AMPLIABLE | 4 PISTAS | 2 PISTAS | | |
| | | | CALZADAS UNIDIRECCIONALES | | | | | | | | | | | |
| AUTOPISTA | 120 | 3,5 | 1,2 | 2,5 | 0,5-0,8 | 1,5 | 13 | 6 | 6 | 35 | 28 | - | | |
| | 100 | 3,5 | 1 | 2,5 | 0,5-0,8 | 1 | 13 | 6 | 6 | 34 | 27 | - | | |
| | 80 | 3,5 | 1 | 2,5 | 0,5-0,9 | 0,8 | 11 | 4 | 4 | 31,6 | 24,6 | - | | |
| | PRIMARIO Y AUTORRUTA | 100 | 3,5 | 1 | 2,5 | 0,5-0,10 | 1 | 13 | 6 | 6 | 34 | 27 | - | |
| | | 90 | 3,5 | 1 | 2,5 | 0,5-0,11 | 1 | 12 | 5 | 5 | 33 | 26 | - | |
| | | 80 | 3,5 | 1 | 2 | 0,5-0,12 | 0,5-0,8 (4) | 10 | 3 | 3,0 (4) | 29 | 22 | - | |
| | COLECTOR | 80 | 3,5 | 1 | 2 | 0,5-0,13 | 0,5-0,8 (4) | 10 | 3 | 3,0 (4) | 29 | 22 | - | |
| | | 70 | 3,5 | 0,6-0,70 | 1,5 | 0,5-0,14 | 0,5-0,8 (4) | 9 | 2 | 2,0 (4) | 27 | 20 | - | |
| | | 60 | 3,5 | 0,6-0,70 | 1 | 0,5-0,15 | 0,5-0,8 (4) | 9 | 2 | 2,0 (4) | 28 | 19 | - | |
| CALZADAS BIDIRECCIONALES | | | | | | | | | | | | | | |
| PRIMARIO | COLECTOR | 100-90 | 3,5 | - | 2,5 | - | 1 | - | - | - | - | - | 14 | |
| | | 80 | 3,5 | - | 2 | - | 0,5-0,8 | - | - | - | - | - | 12 | |
| | | 80 | 3,5 | - | 1,5 | - | 0,5-0,8 | - | - | - | - | - | 11 | |
| | | 70 | 3,5 | - | 1,0-1,5 (2) | - | 0,5-0,9 | - | - | - | - | - | 10,0-11,0 | |
| | LOCAL | 60 | 3,0-3,5 | - | 0,5-1,0 (2) | - | 0,5-0,10 | - | - | - | - | - | 8,0-10,0 | |
| | | DESARROLLO | 50 | 3,0-3,5 | - | 0,5-1,0 (2) | - | 0,5 | - | - | - | - | - | 8,0-10,0 |
| | | | 40 | 3 | - | 0,0-0,5 (2) | - | 0,5 | - | - | - | - | - | 7,0-8,0 |
| | | | 30 | 2,0-3,0 | - | 0,0-0,5 (2) | - | 0,5 | - | - | - | - | - | 5,0-6,0 |

Fuente: Administradora de Carreteras de Bolivia. Capitulo 3. Seccion Transversal.

1.4.2 SOBRE ANCHO DE LA CALZADA Y ANCHO DE BERMA.

Sobre Anchos: Anchos del SAP: La plataforma en terraplén tendrá siempre un SAP mínimo de 0,5 m que permita confinar las capas de sub base y base de modo que en el extremo exterior de la berma sea posible alcanzar el nivel de compactación especificado. Consecuentemente, en los 0,5 m exteriores del SAP no se podrá lograr la compactación máxima exigida por el resto de la plataforma por falta de confinamiento y riesgo por perdida de estabilidad del equipo de compactación autopropulsado. Toda vez que el SAP tenga un ancho mayor que 0,5 m, el ancho adicional adyacente a la berma deberá compactarse según las mismas exigencias

especificadas para las bermas. En plataformas en corte, si la cuneta es revestida, se podrá prescindir del SAP como parte de la sección transversal, no obstante ello, al extender las capas de sub base y base se colocará inicialmente un sobre ancho de 0,5 m para poder compactar adecuadamente el borde exterior de las bermas, material que se retira posteriormente para conformar la cuneta. Si la cuneta no lleva revestimiento la sección transversal debe considerar un SAP de 0,5 m, para separar las capas estructurales de las aguas que escurren por la cuneta. Si la plataforma en terraplén consulta la instalación de barreras de seguridad, salvo que se trate de Caminos Locales o de Desarrollo con $V_p = 50$ km/h, el ancho mínimo del SAP será de 0,8 m, con el objeto de anclar el poste a 0,2 m del extremo exterior del SAP y no invadir la berma con la barrera. En Carreteras con $V_p = 90$ km/h el SAP será mayor que el mínimo para aumentar el espacio disponible para la señalización vertical, ya que el tamaño de las señales aumenta con la Velocidad de Proyecto. (Ver anchos del SAP en la Tabla 2-2).

Anchos de bermas: El ancho normal en Caminos Locales con $V_p = 40$ km/h es de 0,5 m, el que en conjunto con el SAP proveen una plataforma de 8,0 m. En Caminos de Desarrollo que normalmente no poseerán pavimento superior, se podrá prescindir de las bermas, existiendo sólo el SAP como complemento para asegurar la estabilidad y adecuada compactación de la calzada. A medida que la velocidad y los volúmenes de diseño crecen, también deberán hacerlo las bermas exteriores, hasta contemplar un ancho máximo de 2,5 m, que permite la detención en caso de emergencia de los vehículos sin afectar el tránsito de paso. Cuando existan carriles auxiliares para tránsito lento, o de cambio de velocidad, la berma derecha puede reducirse a 1,5 m si el TPDA > 750 y a 1,0 m para TPDA < 750 . En ambos casos se mantendrá inalterado el SAP especificado para la Categoría y V_p de la ruta. Los anchos normales de las Bermas se dan en la Tabla 2-2, 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.

1.4.3 CARRILES AUXILIARES.

Además de los carriles principales en una calzada, muchas veces la existencia de carriles auxiliares mejora las condiciones de capacidad, por que eliminan de la calzada principal obstáculos y dificultades de circulación.

Es el caso de carriles de aceleración o desaceleración, carriles para ciertos movimientos de giro, carriles auxiliares en los tramos de trespaso y carriles para tráfico pesado.

1.4.4 TRAZADO.

Las carreteras y caminos son obras tridimensionales, cuyos elementos quedan definidos mediante las proyecciones sobre los planos ortogonales de referencia: Planta, Elevación y Sección Transversal. El elemento básico para tal definición es el eje de la vía, cuyas proyecciones en planta y elevación definen la planta y el alineamiento vertical respectivamente. Estos ejes en planta y elevación, deben cumplir con una serie de normas y recomendaciones. Estas pretenden conciliar la conveniencia económica de adaptarlos lo más posibles al terreno, con las exigencias técnicas requeridas para posibilitar desplazamientos seguros de un conjunto de vehículos a una cierta velocidad, definida genéricamente como Velocidad de Proyecto. La elección y definición del conjunto de elementos de planta y elevación y de sus combinaciones, reguladas y normalizadas según una Instrucción de Diseño, constituye el trazado del eje y, por extensión, de la carretera.

1.4.5 PENDIENTE.

El efecto de las pendientes está muy ligado al tráfico pesado. Desde el punto de vista de la capacidad, la pendiente solo tiene efectos favorables cuando obliga a reducir la velocidad de los camiones por debajo de 50 km/h a cuya velocidad se alcanza aproximadamente la máxima capacidad. El efecto sobre la velocidad de servicio se

produce mucho antes y por tanto la pendiente influye considerablemente en los niveles de servicio, cuando el porcentaje de vehículos pesados es apreciable.

En carreteras de dos carriles, el efecto de la pendiente suele ir acompañado por el también desfavorable de una reducción de la visibilidad de adelantamiento. Por ello muchas veces es conveniente el establecimiento de carriles lentos para los camiones.

1.5 FACTORES QUE SE REFIEREN AL TRAFICO.

1.5.1 VEHÍCULOS PESADOS.

Camión pesado de carga: Vehículo con chasis de **seis o más llantas** destinado para el transporte de mercancías o para aplicaciones de la industria de la construcción, con peso bruto vehicular de más de 15 toneladas o carga máxima de más de 13 toneladas.

Los vehículos pesados impactan negativamente en la circulación de dos maneras:

- ⊕ Son más grandes que los vehículos ligeros y por tanto ocupan más espacio vial que estos.
- ⊕ Tienen unas capacidades operativas peores que los vehículos ligeros, particularmente en relación con la aceleración con la aceleración y la capacidad para mantener velocidades en rampas.

El segundo impacto es más crítico. Dado que los vehículos pesados no pueden guardar el ritmo de los vehículos ligeros, en muchas situaciones forman grandes huecos en el flujo circulatorio difíciles de rellenar mediante maniobras de adelantamiento. Estos huecos crean ineficiencias en el uso del espacio vial que no pueden ser superadas completamente. Este efecto es particularmente nocivo en rampas sostenidas y fuertes donde las diferencias en capacidades operativas son más pronunciadas, y en carretera de dos carriles donde el adelantamiento debe realizarse utilizando el carril destinado al tráfico en sentido opuesto.

Los vehículos pesados también pueden influenciar las operaciones en las pendientes, especialmente cuando estas son lo suficientemente pronunciadas como para obligar al

vehículo a cambiar a una marcha inferior. En estos casos, nuevamente los vehículos pesados deben de marchar a velocidades inferiores al de los coches formándose huecos en la corriente circulatoria.

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 gálibo vertical bajo estructuras. Las dimensiones consideradas para el diseño y los radios de giro mínimos se establecen a continuación. 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 la Figura 2-1, 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 2-2, figuras III y IV se entrega la misma información gráfica relativa a los buses interurbanos y los camiones semi-remolque, respectivamente.

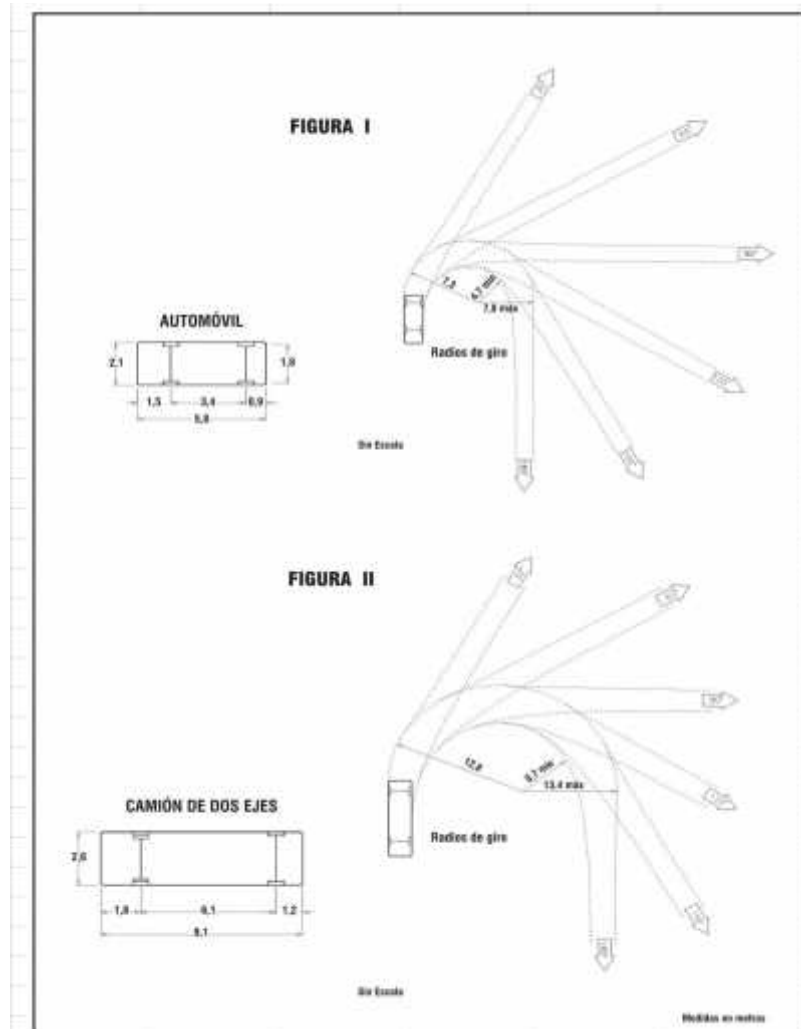
Para determinar las distancias de visibilidad que se utilizan en la definición de una serie de parámetros rectores del diseño, es preciso fijar algunas alturas.

TABLA 2 - 3: Alturas determinantes para distancias de visibilidad.

| ALTURAS | CARACTERISTICAS DE LAS ALTURAS | ALTURA (m) |
|---------|--|------------|
| h | Focos delanteros. | 0,60 |
| h 1 | Ojos del conductor de un automóvil. | 1,10 |
| h 2 | Obstáculo fijo en la carretera. | 0,20 |
| h 3 | Ojos del conductor de camión o bus. | 2,50 |
| h 4 | Luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería. | 0,45 |
| h 5 | Del techo de un automóvil. | 1,2 |

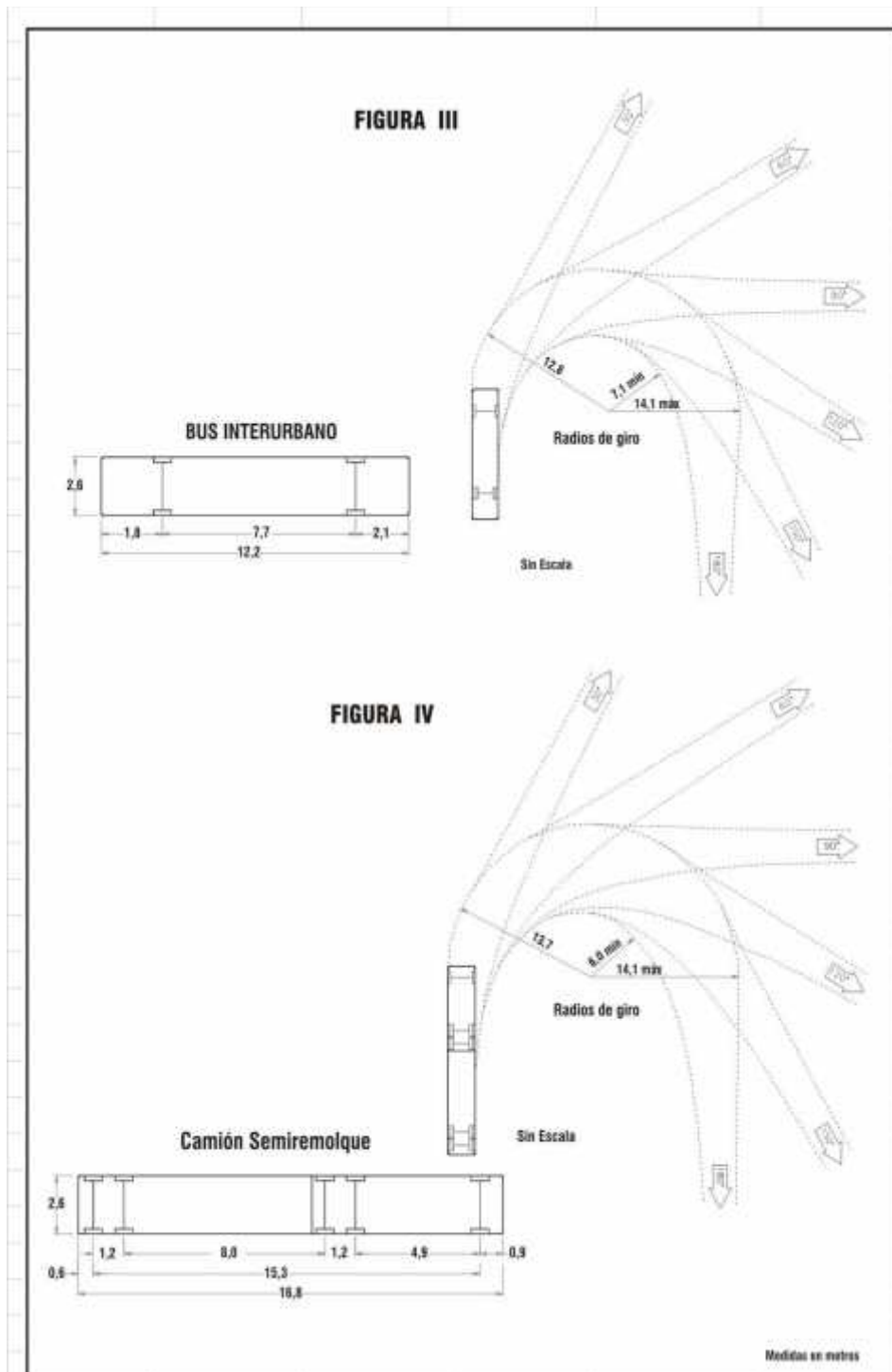
Fuente: Administradora de Carreteras de Bolivia. Capítulo I. Controles Básicos de Diseño

FIGURA 2 - 1: Vehículos tipo: Automóvil y Camión de dos Ejes.



Fuente: Administradora de Carreteras de Bolivia. Capítulo I. Controles Básicos de Diseño

FIGURA 2 - 2 Vehículos tipo: Bus y Camión Semirremolque.



Fuente: Administradora de Carreteras de Bolivia. Capítulo I. Controles Básicos de Diseño

1.5.2 FACTORES GEOMETRICOS.

Las características geométricas de la vía están directamente relacionadas con la capacidad de la vía, con el tipo de vehículos que circularán por ella y con la velocidad de circulación.

El ancho de los carriles, la altura libre existente en las estructuras bajo las que pasa la vía, así como otras características geométricas de la misma, limita las dimensiones de los vehículos. De la misma manera, estas dimensiones imponen unas características geométricas mínimas a la vía.

La interdependencia entre la vía y el vehículo, tiene también lugar en lo referente a los pesos totales o por eje que afectan esencialmente al tipo y resistencia de los pavimentos y a la resistencia de las estructuras.

El ancho, la separación entre ejes y la longitud total del vehículo determinan un radio mínimo de giro; es así que para diseñar una vía es indispensable conocer el radio de la curva descrita por la rueda interior trasera o radio interior de los vehículos tipo que circularán por dicha vía.

1.5.3 INTERRUPCIONES DE CIRCULACION.

Cuando los vehículos están detenidos por cualquier interrupción, no es normal que puedan luego moverse a un ritmo superior a 1500 vehículos por carril. Como en condiciones de circulación continua la capacidad es de 2000 vehículos/hora es evidente que una brusca interrupción del tráfico, aunque sea corta, puede producir colas, ya que origina una disminución importante de la capacidad.

CAPITULO III. VEHICULOS PESADOS Y SU INFLUENCIA EN LA CIRCULACION.

1.1 FACTORES QUE AFECTAN A LA CAPACIDAD Y LOS NIVELES DE SERVICIO.

1.1.1 INTRODUCCION.

En el estudio de la capacidad caminos el propósito que generalmente se sigue es el de determinar la calidad del servicio que presta cierto tramo o componente de una arteria. Es poco frecuente el caso de querer determinar la capacidad de la vía.

Se entiende por Capacidad el número máximo de vehículos por unidad de tiempo que razonablemente puede esperarse que pasen por un tramo de una carretera, en un sentido o en dos sentidos, bajo las condiciones imperantes del camino y del tráfico. Por lo general la unidad de tiempo será una hora y al referirse a la capacidad, deben manifestarse las condiciones del camino y del tráfico a las cuales corresponde esa capacidad.

La Capacidad de un camino es tan variable como las variables físicas de la carretera. Por esta razón los análisis de capacidad de una carretera se consideran tomando diversas partes de la misma como un tramo recto, un tramo con curvas continuas, un tramo con pendientes elevadas, acceso a intersecciones, etc.

Niveles de servicio según la versión de la HCM 1994 en carreteras de dos carriles.

Los criterios de nivel de servicio para las Carreteras de dos carriles consideran conjuntamente los criterios de movilidad y accesibilidad. La medida esencial de la calidad del servicio es el porcentaje de demora en tiempo, utilizándose la velocidad y la utilización de la capacidad como medidas secundarias. Los criterios de nivel de servicio se definen para períodos punta de 15 minutos y están pensados para su aplicación a tramos de longitud significativa.

En la Tabla 3-1 se dan los criterios de nivel de servicio para tramos de características geométricas normales. Para cada nivel de servicio se indica el porcentaje de demora en tiempo. También se indica la velocidad media de recorrido con valores que varían ligeramente según el tipo de terreno. La tabla incluye los valores máximos de la relación I/c (intensidad/capacidad) para tres tipos de terreno y para los niveles de servicio A a F. Para las carreteras de dos carriles, los valores indicados representan la relación entre la intensidad y la "capacidad ideal" que es de 2800 vl/h para un tramo en terreno llano, condiciones geométricas ideales y sin prohibición de adelantamiento alguna.

TABLA 3 - 1: Niveles de servicio para tramos de carreteras de dos carriles de características geométricas normales.

| | | Valores de la relación I/c | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------------|----------------------------|------|------|------|------|-----|-----------------------|-----|------|------|------|------|-----------------------|----------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| NS | DEM. | RELACION I/c* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | TERRENO LLANO | | | | | | TERRENO ONDULADO | | | | | | TERRENO MONTAÑOSO | | | | | | | | |
| | | % PROHIBIDO ADELANTAR | | | | | | % PROHIBIDO ADELANTAR | | | | | | % PROHIBIDO ADELANTAR | | | | | | | | |
| | v _m | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | v _m | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | v _m | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| A | ≤ 30 | ≥93 | 0.15 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0.04 | ≤91 | 0,15 | 0,10 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | ≥90 | 0,14 | 0,09 | 0,07 | 0,04 | 0,02 | 0,01 |
| B | ≤45 | ≥88 | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | ≥86 | 0,26 | 0,23 | 0,19 | 0,17 | 0,15 | 0,13 | ≥86 | 0,25 | 0,2 | 0,16 | 0,13 | 0,12 | 0,1 |
| C | ≤60 | ≥83 | 0,4 | 0.39 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | ≥82 | 0,42 | 0,39 | 0,35 | 0,32 | 0,30 | 0,28 | ≥78 | 0,39 | 0,33 | 0,28 | 0,23 | 0,2 | 0,16 |
| D | ≤75 | ≥80 | 0,6 | 0.62 | 0.60 | 0.59 | 0,6 | 0.57 | ≥78 | 0,62 | 0,57 | 0,52 | 0,48 | 0,46 | 0,43 | ≥70 | 0,58 | 0,5 | 0,45 | 0,4 | 0,37 | 0,33 |
| E | >75 | ≥ 77 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1 | 1 | 1.00 | ≥64 | 0,97 | 0,97 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,90 | ≥56 | 0,91 | 0,87 | 0,84 | 0,82 | 0,8 | 0,78 |
| F | 100 | <72 | - | - | - | - | - | - | <64 | - | - | - | - | - | - | <56 | - | - | - | - | - | - |

*Relación I/c referida a la capacidad ideal de 2.800 vl/h total de calzada.

V_m = Se ofrecen estas velocidades únicamente a título informativo, y son de aplicación a carreteras con velocidad de proyecto ≥96 km/h

Fuente: HCM 1994. Capítulo 8. Carretera de dos Carriles

Las carreteras de dos carriles son muy complejas y las capacidades varían en función del terreno y del grado de restricción en el adelantamiento. Para simplificar los cálculos las relaciones I/c se dan en función de la constante "capacidad ideal", de 2800 vl/h, total para ambos sentidos.

La Tabla 3-2 da el criterio de nivel de servicio para tramos en pendiente de carácter especial. Este criterio relaciona la velocidad media de subida con el nivel de servicio: El funcionamiento de la circulación en rampas largas es sustancialmente distinto del correspondiente a tramos con condiciones geométricas normales. La velocidad de los vehículos ascendentes se ve seriamente afectada en cuanto se incrementa la

formación de columnas detrás de los vehículos lentos y las maniobras de adelantamiento se hacen más difíciles. Es más, al contrario de lo que ocurre en los tramos de condiciones geométricas normales, en los que se puede hallar aproximadamente la velocidad que corresponde a la capacidad, para los tramos especiales en rampa la velocidad que corresponde a la capacidad dependen de la longitud e inclinación de la rampa y del volumen de circulación. Por ello la estimación de la capacidad es compleja. Así la Tabla 3-2 define criterios distintos del nivel de servicio para tramos con rampas especiales o singulares.

TABLA 3 - 2: Criterios de nivel de servicio para rampas Singulares.

| NIVEL DE SERVICIO | VELOCIDAD MEDIA DE SUBIDA KM/h |
|-------------------|--------------------------------|
| A | >88 |
| B | >80 |
| C | >72 |
| D | >64 |
| E | >40 - 64 ^a |
| F | <40-64 |

a La velocidad exacta a la que se produce la capacidad, varía con el porcentaje de la inclinación y la longitud de la rampa, la composición del tráfico y la intensidad

Fuente: HCM 1994. Capítulo 8. Carretera de dos Carriles.

Estos procedimientos no contemplan específicamente la circulación en tramos en pendiente. En general la circulación en pendientes suaves (inferiores al 3 por ciento) es comparable a la existente en tramos en llano. Para mayores Inclinaciones, la circulación en pendiente tiene un comportamiento intermedio entre el que se produce en llano y el experimentado en rampas con características del tráfico y de la carretera equivalentes. La preocupación principal en pendientes pronunciadas reside en los posibles camiones “descontrolados”.

La máxima calidad de servicio se produce cuando los conductores son capaces de circular a la velocidad que desean. En carreteras de dos carriles, cuando no hay una estricta vigilancia del cumplimiento de la normativa legal, la máxima calidad, representativa del **nivel de servicio A**, da lugar a velocidades medias próximas a 96

km/h. Para mantener estas velocidades no es precisa una gran frecuencia de adelantamientos. La demanda de adelantamiento está muy por debajo de la capacidad de adelantamiento y apenas se observan columnas de 3 o más vehículos. Los conductores no sufren demoras superiores al 30 por ciento debido a los vehículos lentos. En condiciones ideales puede alcanzarse una intensidad máxima de servicio de 420 vl/h, total para ambos sentidos. **El nivel de servicio B** representa unas condiciones de circulación que en terreno llano reducen velocidades de 88 km/h o ligeramente superiores. La demanda de adelantamiento, necesaria para mantener las velocidades deseadas es significativa, y aproximadamente igual a la capacidad de adelantamiento en el límite inferior del nivel de servicio B. Los conductores sufren demoras de hasta el 45 por ciento como valor medio. Bajo condiciones ideales pueden alcanzarse intensidades máximas de servicio de 750 vl/h, total para ambos sentidos. Por encima de esta intensidad el número de columnas que se forman en la corriente circulatoria comienza a incrementarse rápidamente.

Con mayores incrementos de la intensidad se entra en el **nivel de servicio C**, dando lugar a notables incrementos del proceso de formación de columnas, de la longitud de las columnas y de la frecuencia con que está impedido el adelantamiento.

La velocidad media aún supera los 83 km/h en terreno llano, aun cuando la demanda de adelantamiento exceda la capacidad. Para mayores intensidades de circulación empieza a producirse la unión de columnas y una significativa reducción de la capacidad de adelantamiento. El porcentaje de demoras en tiempo sube hasta un máximo del 60 por ciento. Bajo condiciones ideales pueden alcanzarse intensidades de servicio de hasta 1200 vl/h total de calzada.

Al entrar la circulación en el **nivel de servicio D** se aproxima al régimen inestable. Los dos sentidos de la circulación empiezan a funcionar separadamente, puesto que el adelantamiento se hace extremadamente difícil. La demanda de adelantamiento es muy alta y en cambio, la capacidad de adelantamiento se aproxima a cero. Son frecuentes columnas de 5 a 10 vehículos aun cuando en condiciones ideales pueden mantenerse, todavía, velocidades de 80 km/h. La proporción de

secciones sin visibilidad de adelantamiento a lo largo de un tramo de carretera tiene generalmente poca influencia en el adelantamiento. Los vehículos que giran y las distracciones debidas al entorno producen grandes oscilaciones en la corriente circulatoria. El porcentaje de demoras en tiempo se acerca al 75 por ciento. Bajo condiciones ideales pueden alcanzarse intensidades de servicio de 1800 vl/h, total para ambos sentidos. Esta es la máxima intensidad que puede mantenerse durante un cierto tiempo sobre un tramo largo de carretera en terreno llano sin que se produzca una alta probabilidad de congestión.

El **nivel de servicio E** define las condiciones de circulación existentes en carreteras de dos carriles cuando se produce un porcentaje de demora en tiempo superior al 75 por ciento. Bajo condiciones ideales las velocidades bajarán de los 80 km/h. Las velocidades medias en carreteras con condiciones por debajo de las ideales serán más bajas, llegando incluso a 40 km/h en rampas prolongadas. El adelantamiento es prácticamente imposible en este nivel de servicio y la formación de columnas se hace intensa en cuanto se encuentran vehículos más lentos u otras interrupciones.

El máximo volumen alcanzable en el **nivel de servicio E** define la capacidad de la carretera. Esta capacidad es de 2800 vl/h total de ambos sentidos, en condiciones ideales. Para otras condiciones la capacidad disminuye. Adviértase que las relaciones I/c de la Tabla 4.2-1 no llegan en todos los casos a 1,00 en capacidad. Esto se debe a que estas relaciones se refieren a la "capacidad ideal". Las condiciones de la circulación en capacidad son inestables y difíciles de predecir. Rara vez se pueden observar condiciones de capacidad en carreteras rurales, fundamentalmente por falta de demanda.

La capacidad de las carreteras de dos carriles está afectada por el reparto del tráfico por sentidos. Según se separa el reparto de la situación ideal 50/50, la capacidad total de ambos sentidos (total de calzada*)(* = N. del T.: Se utilizará "total de calzada "pues es el término habitualmente empleado en idioma español.) queda reducida como se indica a continuación:

TABLA 3 - 3: Reparto del tráfico por sentidos

| REPARTO POR SENTIDOS | CAPACIDAD TOTAL (VL/H) | RELACIÓN CAPACIDAD/CAPACIDAD IDEAL |
|----------------------|------------------------|------------------------------------|
| 50/50 | 2.800 | 1 |
| 50/40 | 2.650 | 0,94 |
| 70/30 | 2.500 | 0,89 |
| 80/20 | 2.300 | 0,83 |
| 90/10 | 2.100 | 0,75 |
| 100/0 | 2.000 | 0,71 |

Fuente: HCM 1994. Capítulo 8. Carretera de dos Carriles.

En tramos cortos en carreteras de dos carriles como es el caso en túneles o puentes, las interacciones con el tráfico en sentido contrario es posible que solamente tengan efectos mínimos. La capacidad por sentido, en estos casos, puede aproximarse a la de un carril individual totalmente cargado, ajustada para tener en cuenta los efectos de la anchura de carril y arcén.

De la misma forma que con otros tipos de carretera, el **nivel de servicio F** representa una circulación muy congestionada con una demanda superior a la capacidad. Los volúmenes son inferiores a la capacidad y las velocidades son inferiores a la velocidad de capacidad. Rara vez se sostiene el nivel de servicio E en tramos largos a nivel, sino que es un estado transitorio, lo habitual es que las perturbaciones producidas al aproximarse la circulación al nivel E provoquen una rápida transición al nivel de servicio F.

1.1.2 CONDICIONES VIALES (O DE PLATAFORMA)

Los factores que afectan a la vía comprenden las condiciones geométricas y los elementos de proyecto. En algunos casos, estos factores influyen la capacidad de la carretera mientras que en otros, los factores pueden afectar a una medida de eficacia,

tal como la velocidad, sin que afecten a la capacidad o la máxima intensidad de la infraestructura.

Los factores que afectan a la vía son los siguientes:

- ⊕ El tipo de vía y el medio-ambiente urbanístico en el que está inmerso.
- ⊕ La anchura de carril.
- ⊕ La anchura de arcén y los despejes laterales.
- ⊕ La velocidad de proyecto.
- ⊕ Las características de las alineaciones tanto en trazado horizontal como vertical.
- ⊕ Disponibilidad de espacio para esperar en cola las interrupciones.

El tipo de instalación es crítico. La existencia del flujo ininterrumpido, la existencia de medianas y otros factores importantes de cada tipo de instalación afectan significativamente las características de flujo y a la capacidad.

La anchura de carril y arcén pueden llegar a tener un impacto significativa en la circulación. Los carriles estrechos obligan a los vehículos a circular más cerca el uno del otro en sentido lateral en lo que la mayoría de los conductores preferirían. Los conductores compensan esto disminuyendo la velocidad o guardando mayor espaciamiento longitudinal para cada espaciamiento longitudinal para cada velocidad dada, lo que reduce realmente la capacidad, la intensidad o ambos.

Los arcenes estrechos y a las obstrucciones laterales ocasionan dos impactos importantes. Muchos conductores maniobran para alejarse de los objetos de la zona adyacente a la carretera o de la mediana que ellos perciban como peligrosos. Esta acción les lleva a circular más cerca de los vehículos de los carriles colaterales y ocasionan la misma las mismas reacciones observadas en carriles estrechos.

Las velocidades del proyecto restringidas afectan las operaciones y al nivel de servicio los conductores se ven forzados a circular a velocidades ligeramente reducidas y a estar más atentos para reaccionar a unas alineaciones horizontales y verticales menos generosas, y esto es producto de una velocidad de proyecto reducido. En casos extremos, se ha visto que la capacidad de las instalaciones de varios carriles se ha visto afectada por velocidades de

proyecto bajas.

Las alineaciones horizontales y verticales de una carretera dependen sustancialmente de la velocidad de proyecto utilizada y de la topografía a través de la cual debe ser construida. Los procedimientos para instalaciones destinadas a flujo ininterrumpido categorizan el terreno como sigue:

- ⊕ **Carreteras en terreno plano**, es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos.
- ⊕ **Carreteras en terreno ondulado**, es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de la de los vehículos livianos, sin ocasionar que aquellos operen a velocidades sostenidas en pendiente por un intervalo de tiempo largo.
- ⊕ **Carreteras en terreno montañoso**, es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que obliga a los vehículos pesados a circular a velocidad sostenida en pendiente a lo largo de distancias considerables o durante intervalos frecuentes.
- ⊕ **Carreteras en terreno escarpado**, es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en pendiente que aquellas a la que operan en terreno montañoso, para distancias

La velocidad sostenida en pendiente es la máxima velocidad sostenida que los vehículos pesados pueden mantener en una alineación larga de una inclinación dada.

Estas definiciones son generales y dependen de la composición existente de vehículos pesados en la circulación. En general, al incrementarse la severidad del terreno, se reduce la capacidad y las intensidades. Este impacto es muy significativo en carreteras rurales de dos carriles, donde la severidad del terreno no solo afecta a las capacidades de circulación de los vehículos individuales dentro de la circulación,

sino que también restringe las oportunidades de adelantar a los vehículos lentos de esta circulación.

Además de los impactos generales del terreno, las alineaciones aisladas de una longitud significativa en pendiente pueden tener efectos sustanciales a la circulación. Los vehículos pesados reducen su velocidad significativamente en estas pendientes creando dificultades circulatorias a la corriente de tráfico y un uso ineficiente de la vía.

Las alineaciones inclinadas pueden tener también un impacto importante en la circulación de los accesos a intersecciones, los vehículos deben superar simultáneamente tanto la inclinación de la rasante como la inercia del arranque desde una posición de parada.

1.1.3 CONDICIONES DE CIRCULACION.

Las condiciones de circulación que influyen la capacidad y los niveles de servicio son el tipo de vehículo y las distribuciones de los vehículos entre carriles por sentidos. Los procedimientos asumen que los conductores conocen bien la estructura vial por la que circulan. En general se asume un uso menos eficaz de la carretera en los fines de semana o en áreas de recreo debido principalmente a la carencia de conocimientos específicos de la zona.

1.1.4 TIPOS DE VEHICULOS.

Cuando la circulación comprenda vehículos distintos de los ligeros queda afectado el número de vehículos al que se puede dar servicio. Los vehículos pesados se definen como aquellos vehículos que tienen más de cuatro neumáticos en contacto con el pavimento. Los vehículos pesados también pueden influenciar las operaciones en las pendientes, especialmente cuando estas son lo suficientemente pronunciadas como para obligar al vehículo a cambiar a una marcha inferior. Los vehículos pesados se agrupan generalmente en tres categorías:

Camiones.- Son vehículos destinados, fundamentalmente, al transporte de mercancías o a tareas de reparto.

Camión mediano: Vehículo con chasis de **seis o más llantas** destinado para el transporte de carga, con peso bruto vehicular de 3.5 toneladas y menos de 15 toneladas, o **carga máxima de 2 toneladas hasta menos de 13 toneladas.**

Los camiones medianos se distinguen por lo siguiente:

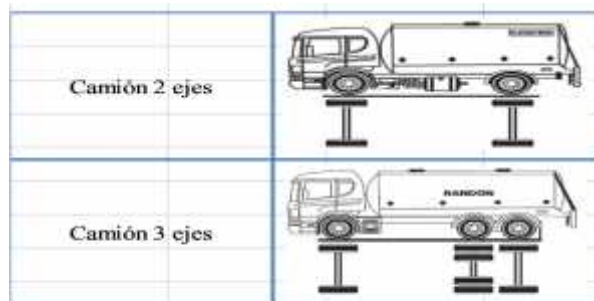
- ⊕ Son vehículos de usos múltiples (pasajeros o carga)
- ⊕ **6 ó más llantas** (si son vehículos de 4 llantas se consideran vehículos ligeros)
- ⊕ Camiones de tamaño medio sin remolque o semirremolque, con excepción de las camper remolque. (El resto de los vehículos con remolque o semirremolque se consideran camiones pesados)
- ⊕ La capacidad de carga es entre 2 y menos de 13 toneladas.

Camión pesado de carga: Vehículo con chasis de **seis o más llantas** destinado para el transporte de mercancías o para aplicaciones de la industria de la construcción, con peso bruto vehicular de más de 15 toneladas o carga

El camión pesado de carga puede constituirse por:

- ⊕ **Camión unitario:** Vehículo automotor de seis o más llantas.


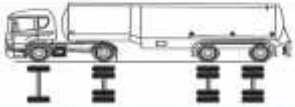
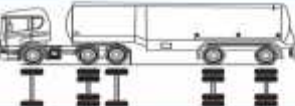
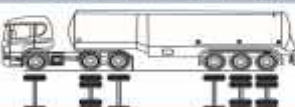
FIGURA 3 - 1: Camiones unitario.



fuentes: Ley (25 de nov. 2013) de control de pesos vehiculares de la red fundamental

⊕ **Camión remolque:** Vehículo destinado al transporte de carga constituido por un camión unitario con un remolque, acoplado mediante un mecanismo de articulación.

FIGURA 3 - 2: Camiones Remolque.

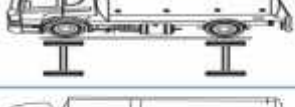
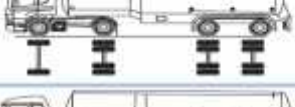
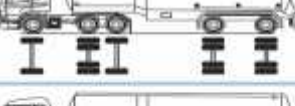
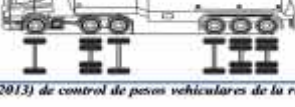
| | |
|---|--|
| Tractocamión 2 ejes, semirremolque un eje |  |
| Tractocamión 2 ejes, semirremolque 2 ejes |  |
| Tractocamión 3 ejes, semirremolque 2 ejes |  |
| Tractocamión 3 ejes, semirremolque 3 ejes |  |

fuentes: Ley (25 de nov. 2013) de control de pesos vehiculares de la red fundamental

⊕ **Tractocamión:** Vehículo automotor destinado a soportar y arrastrar semirremolques y remolques. Puede ser:

▣ **Articulado:** Tractocamión + semirremolque, acoplados por mecanismos de articulación.


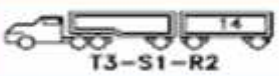

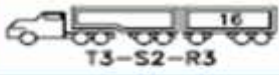
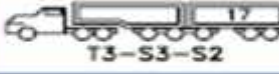
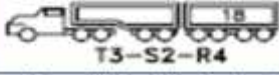
TABLA 3 - 4: Camiones Articulado.

| | |
|---|--|
| Tractocamión 2 ejes, semirremolque un eje |  |
| Tractocamión 2 ejes, semirremolque 2 ejes |  |
| Tractocamión 3 ejes, semirremolque 2 ejes |  |
| Tractocamión 3 ejes, semirremolque 3 ejes |  |

fuentes: Ley (25 de nov. 2013) de control de pesos vehiculares de la red fundamental

- ❑ **Doblemente articulado:** Tractocamión + semirremolque + remolque, acoplados mediante mecanismos de articulación

TABLA 3 - 5: Camiones Doblemente Articulado.

| | |
|---|--|
| Tractocamión 2 ejes, semirremolque un eje remolque 2 ejes |  |
| Tractocamión 3 ejes, semirremolque un eje remolque 2 ejes |  |
| Tractocamión 3 ejes, semirremolque 2 ejes remolque 2 ejes |  |
| Tractocamión 3 ejes, semirremolque 2 ejes remolque 3 ejes |  |
| Tractocamión 3 ejes, semirremolque 3 ejes remolque 2 ejes |  |
| Tractocamión 3 ejes, semirremolque 2 ejes remolque 4 ejes |  |

fuentes: Ley (25 de nov. 2013) de control de pesos vehiculares de la red fundamental

Donde,

- **Semirremolque:** Vehículo sin eje delantero, destinado a ser acoplado a un tracto camión de manera que sea jalado y parte de su peso sea soportado por éste.
- **Remolque:** Vehículo con eje delantero y trasero no dotado de medios de propulsión y destinado a ser jalado por un vehículo automotor, o acoplado a un semirremolque.

Los camiones pesados se distinguen por lo siguiente:

- ⊕ Son vehículos de carga
- ⊕ **6 ó más llantas**
- ⊕ La capacidad de carga es de más de 13 toneladas.
- ⊕ El longitud del vehículo siempre es mayor a 7 metros, y llega longitudes mayores de 14 metros. La altura se encuentra en un rango de 2.5 a 4.25 metros y la anchura en un rango de 2.5 a 2.6 metros

Vehículo de recreo.- Son vehículos conducidos por conductores privados y dedicados al transporte de equipamientos de recreo o instalaciones a estos fines.

Autobuses.- Son vehículos dedicados al transporte de grupos de personas, bien sea en alquiler, en servicio discrecional sobre la base de una concesión para el transporte colectivo de viajeros. Los autobuses se clasifican además como autobuses de transporte colectivo interurbano o locales.

Los interurbanos se mueven en la corriente de tráfico sin realizar paradas para recoger o dejar pasajeros en la vía por la que circulan. Los autobuses de transporte colectivo local realizan este tipo de paradas dentro del entorno de la vía. Vehículo automotor diseñado y equipado para el transporte público o privado de más de nueve personas, de **6 ó más llantas** (si el vehículo es una van con 4 llantas, se considera camión ligero). Existe una variación importante en las características y prestaciones de los vehículos dentro de cada una de las clases de vehículos pesados, como también sucede dentro de los vehículos ligeros.

Vehículo livianos.- Vehículo automotor de **cuatro llantas** con o sin chasis, destinado para el transporte de mercancías de menos de 2 toneladas o para un máximo de 10 personas.

Los camiones ligeros se distinguen por lo siguiente:

- ⊕ Son vehículos de usos múltiples (pasajeros o carga)
- ⊕ 4 llantas
- ⊕ La capacidad de carga es menor a 2 toneladas.
- ⊕ Generalmente, la longitud va de 2 a 2.4 metros; la anchura de 1.4 a 1.8 metros; y la altura de 1 a 2 metros
- ⊕ Dentro de esta clasificación se encuentran las Minivan, SUV, Van, Camiones panel y Pick up.

1.2 CARACTERISTICAS DE CIRCULACION.

Para la descripción de los estudios de la circulación de cualquier infraestructura viaria se pueden utilizar tres variables básicas: el volumen o intensidad, la velocidad y la densidad. Los procedimientos utilizan el volumen como o intensidad como una variable común para la circulación ininterrumpida.

1.2.1 CIRCULACION ININTERRUMPIDA.

El estadio operativo de cualquier corriente de circulación en una infraestructura dedicada a la circulación ininterrumpida se define mediante tres medidas primarias:

⊕ **Volumen y/o Intensidad,**

⊕ **Velocidad.**

⊕ **Densidad.**

El espaciamiento y el intervalo estén directamente relacionados con estas medidas primarias.

1.2.1.1 VOLUMEN E INTENSIDAD.

El volumen e Intensidad son dos medidas que cuantifican la cantidad de circulación que pasa por un punto o sección de un carril o de una carretera durante un Intervalo de tiempo concreto. Estos términos se definen como sigue:

Volumen.- El número total de vehículos que pasa por un punto o sección transversal o por un tramo de un carril o carretera durante un intervalo de tiempo dado; los volúmenes pueden expresarse en términos anuales, diarios, horarios o en periodos inferiores a una hora.

Intensidad.- Es la tasa horaria equivalente a que los vehículos pasan por un punto o sección transversal o por un tramo de un carril o carretera durante un Intervalo de tiempo dado inferior a la hora, usualmente 15 minutos.

El volumen y la Intensidad son las variables utilizadas para cuantificar la demanda, esto es, el número de viajeros o conductores (normalmente expresado como número de

vehículos) que desean usar una infraestructura viaria dada durante un periodo específico. La congestión Influencia los patrones de demanda, y los volúmenes observados son a veces más un reflejo de las restricciones de capacidad que la demanda real.

Es importante la distinción entre volumen e intensidad. El volumen es un número real de vehículos observados, o previstos, que pasan o van a pasar por un perfil transversal durante un intervalo de tiempo. La intensidad representa el número de vehículos que pasan por una sección durante un intervalo de tiempo inferior a 1 hora, pero expresado como una tasa horaria equivalente. La Intensidad se calcula tomando el número de vehículos observados en un periodo inferior a la hora y dividiendo entre el tiempo (en horas) en el que fueron observados.

1.2.1.2 VELOCIDAD.

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

- a) Velocidad de punto.
- b) Velocidad de recorrido total.
- c) Velocidad de cruceo.
- d) Velocidad directriz.

Velocidad de punto.

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

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

La determinación de velocidades de punto dentro del estudio de ingeniería de tráfico nos permite definir las velocidades medias de circulación en zonas urbanas y las

velocidades de circulación en carreteras. Mayor uso en zonas urbanas cuyo estudio puede realizarse en áreas definidas en flujos direccionales o en todo el trazo urbano.

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

- 1).- Método del cronometro.
- 2).- Método del enoscopio.
- 3).- Método del radar métrico.

El método del cronometro.- Es aquel que utiliza generalmente dos operadores, una a la entrada provisto de algún dispositivo para dar la señal en el momento que el vehículo ingresa a la línea de entrada para que el segundo operador ubicado en la línea de parada final pueda accionar el cronometro y detener el mismo en el momento que cruza la línea de salida. Este método es el más utilizado por la facilidad de su realización y por la necesidad solamente de un cronometro. Es factible utilizando las distancias mínimas que este método pueda ser ejecutado por un solo operador y que tenga visibilidad suficiente a la línea de entrada y salida.

El método del enoscopio.- Se utiliza además del cronometro un aparato simple denominado enoscopio que es una caja de lados iguales en uno de sus vértices tiene un espejo ubicado a 45° de tal forma que la visual de entrada se reflecte en forma ortogonal a 90° la forma de medición utilizando el enoscopio en el momento en que el vehículo cruza la línea de entrada para accionar el cronometro y medir el tiempo hasta que el vehículo cruza la línea de salida. Este método es muy útil para la realización de mediciones nocturnas.

El método del radar métrico.- Es el método menos utilizado pero mucho más preciso para cuya determinación de velocidades utiliza un transmisor incorporado en un vehículo que emite ondas de longitud media que son captadas por un radar u puedan ser transformadas en distancias de la diferencia de las longitudes emitidas en el momento de ingreso de la línea de entrada y el ingreso a la línea de salida, se

obtiene la distancia y el tiempo de recorrido determinándose así las velocidades de punto. Estas velocidades de punto en un estudio de tráfico deben ser llevadas a cabo en 3 horarios diferentes de cada día, recomendable en horas pico, 3 diferentes días de la semana, si se lo va a hacer anualmente 3 diferentes meses del año. En la hora de estudio se determinara una metodología homogénea para la obtención de velocidades de vehículos en circulación, por ejemplo hacer la medición respectiva a cada 5 vehículos que ingresan a la zona de estudio. Se utiliza 6 horas diferentes del día.

Velocidad de Recorrido total.

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

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

El tiempo que se tarda en recorrer la distancia de recorrido total tiene dos componentes que son:

- * El tiempo que se tarda en circulación propiamente dicho
- * El tiempo de demoras donde el vehículo no esta en movimiento.

Este tiempo de demoras puede tener como causas ,detención de vehículos, cruce de peatones semáforos, etc.

La relación que nos permite determinar la velocidad de recorrido total es la siguiente:

$$vR = d R / (t_c + tD)$$

VR = Velocidad de recorrido total (km./h)

tc = tiempo de circulación (hr)

td = tiempo de demoras (hr)

dr = distancia de recorrido (km.)

Formas de Medición de Distancias de Recorrido Total.

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

- a).- Medición de lecturas en el odometro lectura inicial y lectura final de cuya diferencia obtendremos la distancia de recorrido
- b).- Tiempo cronometrado del vehículo de circulación en movimiento y tiempo registrado de las demoras donde el vehículo estaba paralizado.

Velocidad de Crucero.

Se denomina velocidad de crucero a la que se registra como la relación de una distancia de recorrido total sobre el tiempo de circulación del vehículo sin tomar en cuenta el tiempo de demoras, la relación que nos permite determinar la velocidad de crucero es la siguiente:

$$VC = DR / TC$$

Dónde:

DR = Distancia de recorrido

TC = Tiempo de circulación

VC = velocidad de crucero

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

El análisis que se puede realizar entre la velocidad de punto VR y VC deberán permitirnos establecer soluciones a la circulación del tráfico con referencia al factor

velocidad relacionándola con el resto de los factores de tráfico. Con esta información se pueden establecer varios gráficos como ser: velocidad vs % de vehículos tipo, velocidad vs distancia de recorrido, velocidad vs tiempo de demoras, etc. Todo el análisis que se pueda realizar dependerá de la mayor o menor información que se obtenga a través de aforos.

Velocidad Directriz o de Proyecto.

Ninguna de las anteriores velocidades son consideradas para el diseño geométrico de la carretera o calles estableciéndose otra definición que la velocidad de proyecto o directriz considera así como la velocidad de un 80% o más del conjunto de vehículos que circula a dicha velocidad.

En carreteras se establecen velocidades directrices o de proyecto haciendo un equilibrio entre el tipo de carretera que se quiere diseñar, el costo de la construcción y el costo de operación de los vehículos (Norma de la AASTHO y del SENAC nos dan algunas velocidades recomendables de acuerdo a la categorización de las carreteras.

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

1.2.1.3 DENSIDAD.

Se define la concentración o densidad de tráfico como el número de vehículos que ocupan una longitud específica de una vía en un momento dado. Por lo general se expresa en unidades de vehículos por kilómetro (veh/km).

Se puede medir la densidad de tráfico de un tramo de una vía con la ayuda de una fotografía aérea, en la cual se contaría fácilmente las cantidades de vehículos; también es posible calcular la densidad en función de la intensidad y velocidad.

Está claro que cualquier tramo de vía tiene una densidad máxima, esta situación se da cuando los vehículos están totalmente varados y sin espacios de separación entre ellos; por lo tanto, si se tuviera en el tramo vehículos de una misma longitud, entonces, la densidad o concentración máxima se obtendría como el inverso de la longitud del vehículo.

La fórmula para el cálculo de la densidad es la siguiente:

$$k = \frac{N}{d} = \frac{q}{v}$$

Dónde:

k = densidad o concentración de tráfico (veh/km)

N = número de vehículos (veh)

d = distancia o longitud (km)

q = intensidad o flujo (veh/h)

v = velocidad (km/h)

1.2.1.4 CARACTERISTICAS DEL ESPACIAMIENTO.

El espaciamiento se define como la distancia entre dos vehículos consecutivos dentro de la corriente circulatoria, medida de parachoques delantero a parachoques delantero. Intervalo es el lapso de tiempo entre vehículos sucesivos a su paso por un cierto punto del carril o de la calzada, medido también de parachoques delantero a parachoques delantero.

Se considera que estas características son “microscópicas”, toda vez que hacen referencia a pares de vehículos dentro de la corriente de tráfico. Dentro de cualquier corriente circulatoria, tanto el espaciamiento como el intervalo de los vehículos individuales se distribuyen sobre una gama de valores generalmente están relacionados con la velocidad de la corriente y las condiciones prevalecientes de la circulación. De forma agregada, todos estos parámetros “microscópicos” del flujo, esto es con la densidad y la intensidad.

Los intervalos se utilizan directamente como parte integrante de la metodología en el cálculo del porcentaje de tiempo de demora de la circulación de una carretera rural de dos carriles. El porcentaje de demora en tiempo se define como el porcentaje del tiempo total que los vehículos son demorados debido a una cola involuntaria en una carretera de dos carriles, y se calcula como porcentaje de intervalo entre vehículos menores o iguales a 5 segundos.

1.2.2 TENDENCIAS DE LA CIRCULACION POR CARRETERA.

En nuestro país el mayor sistema de transporte todo para carga y pasajeros en el de carreteras alcanzando aproximadamente el 75% seguido por el sistema ferroviario y aéreo.

A pesar de ser el sistema más importante el sistema carretero somos un país con una red vial pequeña con apenas 2400 km. de caminos asfaltados de los cuales apenas de 80 a 90 km. se encuentran en nuestro departamento, las condiciones económicas, topográficas y geográficas hacen que nuestro país abrir nuevas redes viales tengan alto costo de difícil concreción a corto plazo.

En ciertos países, incluyendo al nuestro, la incorporación de mayor cantidad de vehículos pesados no solo ha mejorado el transporte, ya que también ha elevado el nivel económico general del país, por lo que se puede afirmar que la relación de habitantes por vehículo es un indicador para apreciar el progreso de un determinado territorio.

Por lo tanto, es indispensable que cada país mejore las condiciones del transporte para su progreso y de esta manera poder transportar los bienes de consumo desde las fuentes de producción hasta los mercados y de allí comercializarlo a la población.

Actualmente, es inevitable que aumente el número de vehículos pesado cada año, lo que es deseable y conveniente, logrando así reducir más la actual relación de habitantes por vehículo

1.2.2.1 VOLUMEN E INTENSIDAD.

La capacidad se define como la intensidad máxima que una estructura vial destinada a la circulación puede acomodar en las condiciones prevalecientes de la circulación. La determinación de la capacidad exige la observación de distintos tipos de carreteras sometidas a la circulación de grandes volúmenes.

Por varias razones, la observación directa de la capacidad absoluta es difícil. El aforo de volúmenes altos o intensidad en una instalación cualquiera, o incluso del máximo, no es ninguna garantía de que durante otro periodo no se pueda dar servicio a otro mayor. Es más, algunas veces la capacidad, no es un estado de circulación estable. Algunas veces se estima ajustando las curvas parabólicas de velocidad – volumen y/o de densidad – velocidad de una carretera dada tanto en su tramo de circulación estable como en el inestable. Realizando el ajuste, la punta de la curva definirá la capacidad.

1.2.2.2 CARACTERISTICAS DE VOLUMEN.

El volumen de la circulación varía a la vez en el espacio y en el tiempo. Estas variaciones son determinantes críticas del modo en el que se utilizan las instalaciones de una vía y controlan muchas de las condiciones exigibles, tanto en el planeamiento como en el proyecto, para dar un servicio satisfactorio a la demanda de tráfico.

Dado que el volumen de tráfico no presenta una distribución uniforme a lo largo del día, normalmente las distintas vías se proyectan para que puedan hacer frente a las demandas punta que tienen lugar en periodos breves.

Consecuentemente para otros periodos de tiempo las carreteras están habitualmente infrautilizadas. Análogamente, el tráfico de una vía tampoco se distribuye por igual ni entre los carriles disponibles ni entre los dos sentidos de la circulación posibles.

Aunque la falta de uniformidad en la demanda de circulación en el tiempo y en el espacio produce un uso ineficiente de los recursos disponibles de transporte, las variaciones espaciales y temporales constituyen una parte integral de la sociedad y del estilo de vida al que dan servicio esos recursos.

Dado el carácter dinámico que presentan los volúmenes de tránsito, es necesario conocer las variaciones periódicas que tiene el mismo dentro de las horas de máxima

demanda, en las horas del día, en los días de la semana y en los meses del año. Así mismo, se debe considerar las variaciones de los volúmenes de tránsito en función de su distribución por carriles, su distribución direccional, y su composición.

Distribución y Composición del Volumen de Tránsito.

La variación de los volúmenes de tránsito por carriles presenta las siguientes características:

- ⊕ En vías urbanas de 3 o más carriles de operación en un sentido, la mayor velocidad y capacidad se desarrolla en el carril del medio, las paradas de autobuses y los giros a derecha e izquierda hacen que la circulación en los carriles laterales sea más lento.
- ⊕ En carreteras, el carril cercano a la faja separadora central es utilizado por vehículos más rápidos y para rebases, presenta mayores volúmenes de tráfico en el carril inmediato al acotamiento.
- ⊕ En autopistas, se presentan mayores volúmenes en el carril cercano a la faja separadora central.

Se presenta variaciones de volumen respecto a la distribución direccional en calles que comunican el centro de una ciudad con la periferia, el flujo de tránsito es máximo hacia el centro en las mañanas y hacia la periferia en las tardes y noches.

En lo que respecta a la composición del tránsito, en un análisis de volúmenes se hace importante conocer la cantidad de automóviles, autobuses, camiones, etc., los mismos que se expresan en forma de porcentaje respecto al volumen total.

Variación Horaria del Volumen de Tránsito.

Es la variación que se presenta en los volúmenes de tránsito a lo largo de las horas del día, esta variación depende del tipo de ruta y la actividad que prevalezca sobre la misma, como ser: rutas de tipo agrícola, comercial, turística, etc.

Un ejemplo de variaciones horarias se presenta en las ciudades, los volúmenes de tráfico son bajos en la madrugada, este se incrementa hasta un máximo entre las 07:30 y las 09:30 horas; luego baja para alcanzar otro máximo entre las 14:00 y las

15:00 horas; por último alcanza un tercer máximo entre las 18:00 y las 20:00 horas para luego bajar nuevamente a un mínimo en la madrugada.

Variación Diaria del Volumen de Tránsito.

En carreteras principales se presentan volúmenes estables de lunes a viernes, registrándose valores máximos durante los fines de semana ya que se añade la demanda de usuarios de tipo turístico y recreacional. Existe una notable variación en días de eventos especiales como ser: aniversarios regionales o estatales, navidad, fin de año, competiciones deportivas, etc.

Variación Mensual del Volumen de Tránsito.

Los meses en que las vías presentan máximos volúmenes de tráfico son por lo general los meses de vacación escolar, meses de vacación de fin de año, mes de alguna festividad regional, etc. Por lo general estas variaciones se mantienen constantes año a año siempre que no se realice cambios importantes en el diseño de la vía, en los usos de la tierra, o se construyan vías alternas.

1.2.2.3 CARACTERISTICAS DE VELOCIDAD.

Mientras que los volúmenes de tráfico proporcionan un método para cuantificar valores de capacidad. La velocidad (o su recíproco el tiempo de recorrido) es una medida importante de la calidad del servicio proporcionado al motorista. Se utiliza como una medida de eficacia importante que define los niveles de servicio en muchos tipos de vía. Como son las carreteras de dos carriles, las carreteras arteriales, los tramos de trenzado de autopista y otras. La velocidad se define como la tasa de movimiento expresada como distancia por unidad de tiempo, generalmente como kilómetros a la hora (km/h) Se debe utilizar algún valor representativo para caracterizar la velocidad de una corriente de tráfico, porque generalmente se puede observar una amplia distribución de velocidades individuales dentro de dicha corriente. A los efectos de este manual, la medida de velocidad utilizada es la velocidad media de recorrido. Esta medida se utiliza porque es fácil de calcular partiendo de las observaciones de vehículos individuales dentro de la corriente y porque es la medida estadísticamente más relevante en las relaciones con otras variables. Desde la invención de los medios de transporte, la velocidad se ha

convertido en el indicador principal para medir la calidad de la operación a través de un sistema de transporte. En un sistema vial la velocidad es considerada como un parámetro de cálculo para la mayoría de los elementos del proyecto. Haciendo un análisis de la evolución de los vehículos actuales en lo que respecta a velocidades alcanzadas por los mismos, se hace necesario el estudio de la velocidad para mantener así un equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía en busca de mayor seguridad. Se define la velocidad como el espacio recorrido en un determinado tiempo. Cuando la velocidad es constante, queda definida como una función lineal de la distancia y el tiempo, siendo su fórmula:

Dónde:

V = velocidad constante (km/h)

d = distancia recorrida (km)

t = tiempo de recorrido (h)

$$V = \frac{d}{t}$$

1.3 CARACTERÍSTICAS DEL VEHICULO.

Los criterios para el diseño geométrico de las carreteras se basan parcialmente en las características estáticas, cinemáticas y dinámicas de los vehículos. Las características estáticas consideran el peso y el tamaño del vehículo; las características cinemáticas comprenden el movimiento del vehículo, sin considerar las fuerzas que causan el movimiento; las características dinámicas toman en cuenta las fuerzas que causan el movimiento del vehículo. Ya que todas las carreteras alojan tanto automóviles particulares como tránsito de camiones, es esencial que los criterios de diseño consideren las características de los diferentes tipos de vehículos; un conocimiento completo de estas características va a ayudar al ingeniero de carreteras, de tránsito o ambos para el diseño de carreteras y de sistemas de control de tránsito, permita la operación segura y sin contratiempos de un vehículo en movimiento, especialmente durante las maniobras básicas de paso, alto total y dar vuelta. Por tanto el diseño de una carretera incluye la selección de un vehículo de diseño, cuyas características cubran las relacionadas con la mayor parte de los vehículos que se espera usen la

carretera. Las características del vehículo de diseño son aprovechadas para determinar criterios en el diseño geométrico, el diseño de las intersecciones y los requerimientos de distancia visual.

1.3.1 CARACTERISTICAS ESTATICAS.

El tamaño del vehículo de diseño para una carretera es un factor importante en la determinación de los estándares de diseño de varios componentes físicos de la carretera. Estos incluyen el ancho de carril, ancho de cuneta, longitud y ancho de las bahías de estacionamiento, la longitud de las curvas verticales. El peso en los ejes de los vehículos (en espera) sobre la carretera es importante para determinar el peralte del pavimento y la pendiente máxima.

Pesos brutos máximos permitidos por ejes y grupos de ejes.

Los pesos máximos permitidos por cada eje o por cada grupo de ejes para la circulación de vehículos de transporte de carga y/o de pasajeros en la red vial fundamental, son los siguientes:

TABLA 3 - 6: Pesos máximos permitidos por cada eje o por cada grupo de ejes.

| TIPOS DE CONFIGURACIONES DE EJE Y GRUPO DE EJES VEHICULARES | PESO BRUTO MAXIMO PERMITIDO POR EJE O GRUPO DE EJES (toneladas) |
|--|--|
| <i>Eje sencillo (direccional o fijo) de 2 llantas.</i> | 7 |
| <i>Eje sencillo de 2 llantas con cubierta extra ancha y suspensión neumática.</i> | 7,7 |
| <i>Eje tipo tandem de 4 llantas.</i> | 10 |
| <i>Eje sencillo de 4 llantas.</i> | 11 |
| <i>Eje tipo tandem de 4 llantas con cubierta extra ancha y suspensión neumática.</i> | 12 |
| <i>Eje tipo tandem de 6 llantas.</i> | 14 |
| <i>Eje tipo tandem de 6 llantas con un eje con cubiertas extra anchas y suspensión neumática.</i> | 16 |
| <i>Eje tipo tridem de 6 llantas.</i> | 17 |
| <i>Eje tipo tandem de 8 llantas.</i> | 18 |
| <i>Eje tipo tridem de 6 llantas con cubierta extra ancha y suspensión neumática.</i> | 18 |
| <i>Eje tipo tandem de 10 llantas.</i> | 21 |
| <i>Eje tipo tridem de 10 llantas con un eje con cubiertas extra anchas y suspensión neumática.</i> | 22 |
| <i>Eje tipo tandem de 12 llantas.</i> | 25 |

fuelle: Ley (25 de nov. 2013) de control de pesos vehiculares de la red fundamental

Dimensiones máximas permitidas.

Las dimensiones máximas permitidas establecidas. Por la presente ley, están regidas por la siguiente tabla:

TABLA 3 - 7: Dimensiones máximas permitidas establecidas.

| DIMENSIONES | TIPO DE VEHICULO | Metros (m) |
|----------------------------------|--|-------------------|
| <i>Ancho total máximo</i> | <i>Todos</i> | 2,6 |
| <i>Altura total máxima</i> | <i>Camiones</i> | 4,2 |
| | <i>Furgones y contenedores</i> | 4,3 |
| | <i>buses</i> | 4.10/4.20* |
| <i>Longitudes totales máxima</i> | <i>buses</i> | 14 |
| | <i>Camiones con dos ejes</i> | 12 |
| | <i>Camiones con mas de dos ejes (rigidos)</i> | 12,5 |
| | <i>Tracto de camiones con semiremolque</i> | 18,6 |
| | <i>Camiones con remolque</i> | 20,5 |
| | <i>Vehiculos para transporte de ganado en pie.</i> | 24.00** |

fuelle: Ley (25 de nov. 2013) de control de dimensiones vehiculares de la red fundamental

1.3.2 CARACTERISTICAS CINEMATICAS.

El elemento principal de las características cinemáticas es la capacidad de aceleración del vehículo. La capacidad de aceleración es importante en varias operaciones de tránsito tales como las maniobras de rebase y la aceptación de la estrechura. Con frecuencia el dimensionamiento de las características de la carretera tales como las rampas en los viaductos y los carriles de rebase, se rigen por la tasa de aceleración. La aceleración también es importante para la determinación de las fuerzas que causan el movimiento. Por tanto, un estudio de las características cinemáticas del vehículo, incluye principalmente un estudio de cómo influye la tasa de aceleración a los elementos de los movimientos, tales como velocidad y distancia. En esta sección se revisa la sección la relación matemática entre aceleración, velocidad, distancia y tiempo.

1.3.3 CARACTERISTICAS DINAMICAS.

Varias fuerzas actúan sobre un vehículo cuando este se encuentra en movimiento. La resistencia del aire, la resistencia de la pendiente, la resistencia al rodamiento, y la resistencia de la curva. El grado hasta el cual estas fuerzas afectan la operación del vehículo se discuten en esta sección.

1.3.3.1 RESISTENCIA AL AIRE.

Un vehículo en movimiento encuentra como fuerza inversa o de sentido contrario al aire lo que obliga que la potencia deba aumentar para vencer a dicha resistencia que está en función de la velocidad y un coeficiente K y la sección transversal del vehículo siendo la relación la siguiente:

Dónde:
$$Ra = k * A * V^2$$

K = 0.8 Vehículo pesado. (Coeficiente aerodinámico).

A = 5 a 8 m². Sección transversal frontal del vehículo.

V = Velocidad de circulación (diseño).

1.3.3.2 RESISTENCIA A AL PENDIENTE.

Cuando el vehículo encuentra en un movimiento en un movimiento una rampa que tiene una mayor pendiente, esta debe ejercer una mayor potencia debido a una resistencia ejercida que está dada por la relación.

$$R_p = i * P$$

Dónde:

i = Pendiente.

P = Peso.

La importancia de cada una de estas resistencias puede variar para cada tipo de vehículos es decir en vehículos pesados que generalmente circula a velocidades más bajas la resistencia fricción y resistencia al aire tienen una mayor proporción frente a la resistencia al aire lo contrario ocurre con los vehículos livianos donde el peso es bajo y por lo tanto la resistencia a la pendiente y la resistencia al aire se minimizan siendo más importante la a debido a las mayores velocidades que imprime.

1.3.3.3 RESISTENCIA AL RODAMIENTO.

Existen fuerzas dentro del vehículo mismo que ofrecen resistencias al movimiento. Estas fuerzas son debidas principalmente a la fricción en las partes movibles del vehículo, pero también incluyen al deslizamiento por fricción entre la superficie del pavimento y las llantas. El efecto acumulado de estas fuerzas sobre el movimiento se conoce como resistencia al rodamiento. La resistencia al rodamiento depende de la velocidad del vehículo y del tipo del pavimento. Las fuerzas rodamiento son relativamente menores en pavimentos lisos que en pavimentos rugosos.

Las fuerzas de la resistencia al rodamiento pueden determinarse a partir de la siguiente relación.

$$R_r = (C_d + 1.47 * C_b * V)W$$

Dónde:

Rr =fuerzas de la resistencia al rodamiento lb.
Cd= Constante (comúnmente 0.02445 para vehículos pesados)
Cb= Constante (comúnmente 0.00044 s/pie para vehículos pesados)
V= Velocidad del vehículo (milla/hora)
W= Peso bruto del vehículo.

La condición de la superficie del pavimento tiene un efecto tiene un efecto importante sobre la resistencia al rodamiento.

1.3.3.4 RESISTENCIA A LA CURVA.

Cuando se maniobra un automóvil para tomar la curva, hay fuerzas externas que actúan sobre de las llantas delanteras del vehículo. Estas fuerzas tienen componentes que ejercen un efecto retardatorio sobre el movimiento del vehículo hacia adelante. El efecto acumulado de estos componentes constituye la resistencia de la curva. Esta resistencia depende del radio de la curva, del peso bruto del vehículo y de la velocidad a la cual se mueve el vehículo. Puede determinarse como.

$$R_c = 0.5 \left(\frac{2.15 * V^2 * W}{g * R} \right)$$

Dónde:

Rc = Resistencia de la curva.

g= Aceleración de la gravedad Constante.

V= Velocidad del vehículo (milla/hora)

W= Peso bruto del vehículo.

R= Radio de curvatura.

1.4 TIPOS DE VEHICULOS PESADOS.

1.4.1 DE ACUERDO A LA LEY DE CARGAS.

En nuestro país contamos con la *ley N°441 de control de pesos y dimensiones vehiculares en la red vial fundamental*, el mismo que fue aprobado por decreto N° 1806-2013 del 25 de noviembre de 2013,

La presente Ley tiene por objeto, establecer los pesos y dimensiones vehiculares

mixinos permitidos para la circulación en las carretera de la Red Vial Fundamental y sus mecanismos de control. Como también tiene por finalidad la preservación y conservación de la Red Vial Fundamental.

Algunas Nomenclaturas.- Para efectos de la presente ley y su reglamento se aplican en la nomenclatura que se muestra en el capítulo 3 de los anexos.

Pesos Brutos Máximos Permitidos por Ejes y Grupos de Ejes.-Los pesos máximos permitidos por cada eje o por cada grupo de ejes para la circulación de vehículos de transporte de carga y/o de pasajeros en la red vial fundamental, estos pesos se los muestra en el capítulo 3 de los anexos.

Para vehículos con llantas con anchos de sección menores de 270 milímetros, se aplicarán los siguientes criterios:

TABLA 3 - 8: Pesos brutos máximos permitidos por ejes y grupos de ejes vehículos con llantas con anchos de sección menores de 270 milímetros.

| DIMENSIONES | TIPO DE VEHICULO | Metros (m) |
|---------------------------|---|-------------------|
| Ancho total máximo | Todos | 2,6 |
| Altura total máxima | Camiones | 4,2 |
| | Furgones y contenedores | 4,3 |
| | buses | 4.10/4.20* |
| Longitudes totales máxima | buses | 14 |
| | Camiones con dos ejes | 12 |
| | Camiones con mas de dos ejes (rigidos) | 12,5 |
| | Tracto de camiones con semiremolque | 18,6 |
| | Camiones con remolque | 20,5 |
| | Vehiculos para transporte de ganado en pie. | 24.00** |

fuente: Ley (25 de nov. 2013) de control de dimensiones vehiculares de la red fundamental.

Los pesos por eje vehicular permitidos en la tabla precedente, están determinados para vehículos con un ancho de sección de llanta de 270 milímetros, equivalente a 10,6 pulgadas o superior.

Los pesos por eje vehicular permitidos en la tabla precedente, están determinados para vehículos con un ancho de sección de llanta de 270 milímetros, equivalente a 10,6 pulgadas o superior.

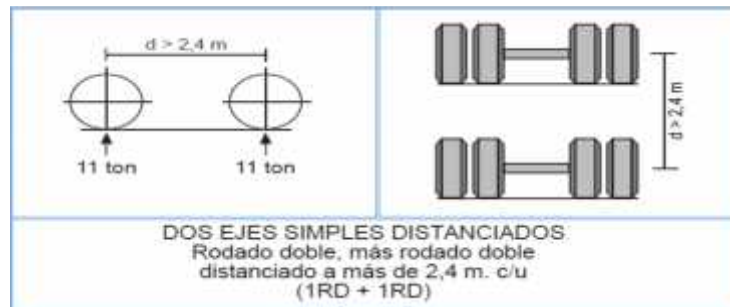
TABLA 3 - 9: Pesos brutos máximos permitidos por ejes y grupos de ejes.

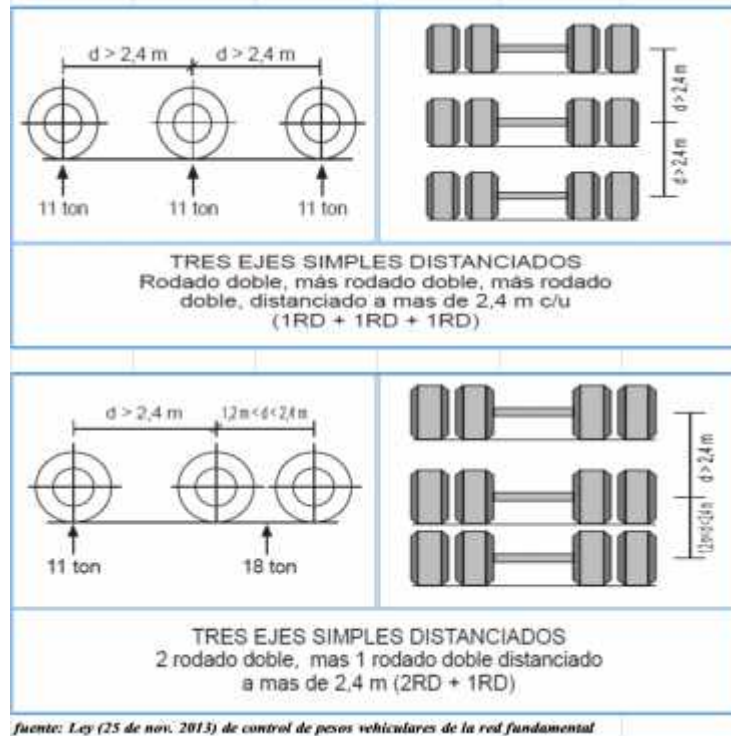
| TIPOS DE CONFIGURACIONES DE EJE Y GRUPO DE EJES VEHICULARES | PESO BRUTO MAXIMO PERMITIDO POR EJE O GRUPO DE EJES (toneladas) |
|---|---|
| Eje sencillo (direccional o fijo) de 2 llantas. | 7 |
| Eje sencillo de 2 llantas con cubierta extra ancha y suspensión neumática. | 7,7 |
| Eje tipo tandem de 4 llantas. | 10 |
| Eje sencillo de 4 llantas. | 11 |
| Eje tipo tandem de 4 llantas con cubierta extra ancha y suspensión neumática. | 12 |
| Eje tipo tandem de 6 llantas. | 14 |
| Eje tipo tandem de 6 llantas con un eje con cubiertas extra anchas y suspensión neumática. | 16 |
| Eje tipo tridem de 6 llantas. | 17 |
| Eje tipo tandem de 8 llantas. | 18 |
| Eje tipo tridem de 6 llantas con cubierta extra ancha y suspensión neumática. | 18 |
| Eje tipo tandem de 10 llantas. | 21 |
| Eje tipo tridem de 10 llantas con un eje con cubiertas extra anchas y suspensión neumática. | 22 |
| Eje tipo tandem de 12 llantas. | 25 |

fuente: Ley (25 de nov. 2013) de control de pesos vehiculares de la red fundamental

DISTANCIA ENTRE EJES VEHICULARES.-Se considerará como grupo de ejes a aquellos cuyas distancias entre ejes sean menores a 2,4 metros:

FIGURA 3 - 3; Distancia entre ejes vehiculares.




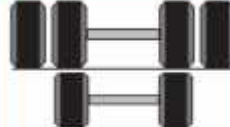
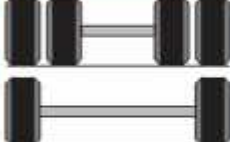
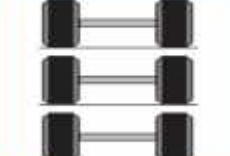
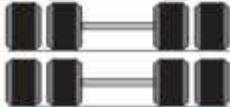

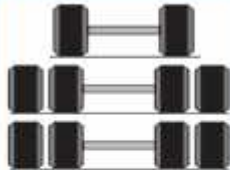
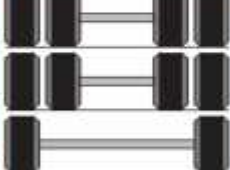
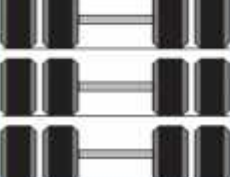


PESOS MÁXIMOS PERMITIDOS POR EJES Y GRUPOS DE EJES Y TOLERANCIAS DEL SISTEMA DE PESAJE EN LA MEDICIÓN DE EJES Y GRUPOS DE EJES VEHICULARES.-

El peso para eje o grupo de ejes establecido en la tabla, se refiere al peso del eje o grupo de ejes más todo tipo de carga transmitida a la superficie de la carretera:

TABLA 3 - 10: pesos máximos permitidos por ejes y grupos de ejes y tolerancias.

| EJES | TIPOS DE CONFIGURACIONES DE EJES Y GRUPOS DE EJES VEHICULARES | PESO MAXIMO PERMITIDO (TONELADAS) | TOLERANCIA DEL SISTEMA DE PESAJE EN LA MEDICION DE EJES Y GRUPOS DE EJES (TONELADAS) EXCENTA DE MULTA |
|------|--|-----------------------------------|---|
| | Eje sencillo (direccional o fijo) de 2 llantas | 7 | 0,35 |
| | Eje sencillo de 2 llantas con cubierta extra ancha y suspensión neumática. | 7,7 | 0,39 |
| | Eje tipo tandem de 4 llantas. | 10 | 0,5 |
| | Eje sencillo de 4 llantas. | 11 | 0,55 |

| | | | |
|---|---|----|------|
|  | Eje tipo tandem de 4 llantas con cubierta extra ancha y suspensión neumática. | 12 | 0,6 |
|  | Eje tipo tandem de 5 llantas. | 14 | 0,7 |
|  | Eje tipo tandem de 6 llantas con un eje con cubiertas extra anchas y suspensión neumática. | 16 | 0,8 |
|  | Eje tipo tridem de 6 llantas. | 17 | 0,85 |
|  | Eje tipo tandem de 8 llantas. | 18 | 0,9 |
|  | Eje tipo tridem de 6 llantas con cubierta extra ancha y suspensión neumática. | 18 | 0,9 |
|  | Eje tipo tandem de 10 llantas. | 21 | 1,05 |
|  | Eje tipo tridem de 10 llantas con un eje con cubiertas extra anchas y suspensión neumática. | 22 | 1,1 |
|  | Eje tipo tandem de 12 llantas. | 25 | 1,25 |

fuentes: Ley (25 de nov, 2013) de control de pesos vehiculares de la red fundamental

Estas tolerancias del sistema de pesaje, no implican de ningún modo una capacidad Adicional de carga a la indicada en el Artículo 8, ni eximen al conductor del vehículo

de la obligación de re-estibar o trasladar la sobrecarga a otro vehículo hasta estar dentro del peso máximo permitido, caso contrario no podrá circular en la Red Vial Fundamental.

Pesos y Dimensiones Vehiculares Permitidas Según Configuración Vehicular.- Estos pesos y dimensiones se encuentran en el capítulo 3 en los anexos

1.5 INFLUENCIA DE VEHICULOS PESADOS EN LA CAPACIDAD DE CARRETERAS.

La capacidad de las carreteras, expresada en términos del máximo número de vehículos que pueden cruzar una sección o tramo dado, es una función de las características geométricas de la carretera, la composición y distribución del tránsito y el entorno de la vía. Las características geométricas y el entorno de la vía forman parte del inventario vial, mientras que las características del tránsito se determinan sobre la base del análisis de la demanda.

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

Los vehículos pesados tienen mayores dimensiones que los vehículos ligeros y generalmente se mueven a velocidades menores. Por ello, cuando entre los vehículos que circulan por una carretera existen vehículos pesados el número total de vehículos pesados que puede atravesar una sección será menor que si todos los vehículos fueran automóviles ligeros. Por consiguiente, la capacidad de la carretera será menor si circulan vehículos pesados.

Asimismo se producirá una reducción en el nivel de servicio, ya que los vehículos pesados que son muy lentos, obligarán a algunos vehículos a reducir su velocidad y a efectuar maniobras de adelantamiento.

Por tener en cuenta el efecto producido por los vehículos pesados se recurre a utilizar el concepto de número de vehículos equivalentes a un vehículo ligero o factor de

equivalencia. Es decir, se determina el número de vehículos ligeros que producirán el mismo efecto que un solo vehículo pesado en la corriente de tráfico. Conocido este factor de equivalencia, se puede sustituir la intensidad de vehículos pesados por una intensidad equivalente de automóviles ligeros, y se puede operar con ella para determinar el nivel de servicio como si el tráfico estuviera formado únicamente por vehículos ligeros.

El concepto de equivalencia de vehículos está basado en condiciones de observación de autopistas en los cuales la presencia de vehículos pesados, incluyendo camiones, buses y vehículos recreacionales, crean condiciones menores a las ideales, estas condiciones no ideales incluyen más largas y más frecuentes brechas de excesivo espacio tanto delante como detrás del vehículo pesado. El espacio ocupado por un vehículo grande es dos a tres veces más grande que el de un automóvil común.

Para la estimación de capacidad de una autopista, cada vehículo pesado es convertido a su equivalente en número de vehículos ligeros. El factor de conversión usado depende de la proporción de vehículos pesados presentes en el flujo así como la longitud y severidad de las subidas y bajadas.

1.5.1 FACTOR DE VEHICULOS PESADOS.

Factor de vehículos pesados para condiciones normales.

Este factor de ajuste se aplica para tres tipos de vehículos: camiones, buses y vehículos recreacionales. Los camiones y buses son tratados por igual, por lo tanto, primero se calcula los vehículos equivalentes para cada camión-bus (E_T) y vehículo recreacional (E_R) para las condiciones de tráfico y características de la vía en estudio, seguidamente y con ayuda de los porcentajes de cada tipo de vehículo (P_T , P_R) en el flujo de tráfico, se calcula el factor f_{VP} .

El efecto de la presencia de vehículos pesados en el flujo de tráfico depende tanto de la composición del flujo vehicular como de las características geométricas de la vía, por lo tanto, en lo que concierne a las características geométricas de la vía se pueden seleccionar vehículos equivalentes para vehículos pesados para una de las siguientes condiciones:

1. **Segmentos generales de autopistas:** se considera de este tipo cuando ninguna pendiente es lo suficientemente larga para tener un efecto significativo en toda la operación del segmento general. Como una guía, se puede analizar como segmento extendido de autopista un tramo cuando ninguna pendiente de 3 % o mayor es más largo que $\frac{1}{4}$ de milla (402 m.) o donde ninguna pendiente menor de 3 % es mayor que $\frac{1}{2}$ milla (804 m.)
2. **Pendientes específicas:** cuando no se cumplen las condiciones de pendiente en una longitud dada como se enuncia en el punto anterior, el segmento debe ser analizado por separado por que tiene una influencia significativa en el flujo de tráfico.

Equivalencia de vehículos pesados para pendientes específicas.

Cualquier autopista con una pendiente menor al 3% para una longitud de más de $\frac{1}{2}$ milla (804 m.) o con una pendientes mayor o igual al 3% para una longitud de $\frac{1}{4}$ de milla (402m.) deberían ser considerados como un segmento separado

Las Tablas N° 5-13 y N° 5-14 dan valores de ET y ER para secciones específicas con pendientes de subida requiriendo análisis separados. Estos factores varían con el porcentaje de la pendiente, longitud de la pendiente, y porcentaje de camiones y buses en el flujo de tráfico.

El máximo valor de ET y ER ocurre cuando solo hay unos pocos vehículos en el flujo de tráfico. Las equivalencias disminuyen en la medida en que el número de vehículos pesados aumenta, debido a que estos vehículos tienden a formar grupos y tener características de operación que son más uniformes como grupo que los vehículos ligeros.

La longitud de la pendiente en un tramo de vía incluye toda la porción de la pendiente más algo de la porción de la curva vertical en el principio y en el final de la pendiente. Es recomendable que un cuarto de la distancia de las curvas verticales en el principio y en el final de la pendiente sea incluida en la longitud de la pendiente. Ahí donde dos cuestas de subida consecutivas se presenten, una mitad de la longitud de la curva vertical entre ellas es asignada a la longitud de cada cuesta de subida.

En el análisis de las cuestas, el punto crítico es usualmente al final de la pendiente, donde presumiblemente los vehículos pesados tienen el máximo efecto en las operaciones, como sea, si una unión de rampa está localizada a mitad de la pendiente, el punto de entrada o salida debe ser un punto crítico para el análisis.

En el caso de pendientes compuestas, el punto en el cual los vehículos pesados están en su velocidad de viaje más lento es el punto crítico para el análisis. Si una cuesta de 5% es seguida por otra de 2%, es razonable asumir que al final de la porción del 5% podría ser crítico, debido a que los vehículos podrían acelerar en la porción de la pendiente del 2%.

TABLA 3 - 11: Niveles de servicio para tramos de carreteras de dos carriles de características geométricas normales.

| | | Valores de la relación I/c | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|----------------------------|------|------|------|------|-----|------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
| NS | DEM. | RELACION I/c* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | TERRENO LLANO | | | | | | | TERRENO ONDULADO | | | | | | | TERRENO MONTAÑOSO | | | | | | |
| | | % PROHIBIDO ADELANTAR | | | | | | | % PROHIBIDO ADELANTAR | | | | | | | % PROHIBIDO ADELANTAR | | | | | | |
| | | v _m | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | v _m | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | v _m | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| A | ≤ 30 | ≥ 93 | 0.15 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.04 | ≤ 91 | 0.15 | 0.10 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | ≥ 90 | 0.14 | 0.09 | 0.07 | 0.04 | 0.02 | 0.01 |
| B | ≤ 45 | ≥ 88 | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | ≥ 86 | 0.26 | 0.23 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | ≥ 86 | 0.25 | 0.2 | 0.16 | 0.13 | 0.12 | 0.1 |
| C | ≤ 60 | ≥ 83 | 0.4 | 0.39 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | ≥ 82 | 0.42 | 0.39 | 0.35 | 0.32 | 0.30 | 0.28 | ≥ 78 | 0.39 | 0.33 | 0.28 | 0.23 | 0.2 | 0.16 |
| D | ≤ 75 | ≥ 80 | 0.6 | 0.62 | 0.60 | 0.59 | 0.6 | 0.57 | ≥ 78 | 0.62 | 0.57 | 0.52 | 0.48 | 0.46 | 0.43 | ≥ 70 | 0.58 | 0.5 | 0.45 | 0.4 | 0.37 | 0.33 |
| E | > 75 | ≥ 77 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1 | 1 | 1.00 | ≥ 64 | 0.97 | 0.97 | 0.92 | 0.91 | 0.90 | 0.90 | ≥ 56 | 0.91 | 0.87 | 0.84 | 0.82 | 0.8 | 0.78 |
| F | 100 | < 72 | - | - | - | - | - | - | < 64 | - | - | - | - | - | - | < 56 | - | - | - | - | - | - |

*Relación I/c referida a la capacidad ideal de 2.800 vl/h total de calzada.

v_m = Se ofrecen estas velocidades únicamente a título informativo, y son de aplicación a carreteras con velocidad de proyecto ≥ 96 km/h.

Fuente: HCM 1994. Capítulo 8. Carretera de dos Carriles

TABLA 3 - 12: de Equivalencia de vehículos ligeros para camiones y buses en pendientes de subida específicas.

| PENDIENTE % | LONGITUD m | EQUIVALENTE VEHICULO LEGERO, ET | | | | | | | | |
|----------------|---------------|---------------------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | PORCENTAJE DE CAMIONES Y BUSES | | | | | | | | |
| | | 2 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| <2 | Todos | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| 2 | 0 - 402 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| | 402 - 805 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| | 805 - 1207 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| | 1207 - 1609 | 2.5 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| | 1609 - 2414 | 4.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.5 | 2.5 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| | >2414 | 4.5 | 3.5 | 3.0 | 3.0 | 2.5 | 2.5 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| 3 | 0 - 402 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| | 402 - 805 | 3.0 | 2.5 | 2.5 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 1.5 |
| | 805 - 1207 | 6.0 | 4.0 | 4.0 | 3.5 | 3.5 | 3.0 | 2.5 | 2.5 | 2.0 |
| | 1207 - 1609 | 7.5 | 5.5 | 5.0 | 4.5 | 4.0 | 4.0 | 3.5 | 3.0 | 3.0 |
| | 1609 - 2414 | 8.0 | 6.0 | 5.5 | 5.0 | 4.5 | 4.0 | 4.0 | 3.5 | 3.0 |
| | >2414 | 8.5 | 6.0 | 5.5 | 5.0 | 4.5 | 4.5 | 4.0 | 3.5 | 3.0 |
| 4 | 0 - 402 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| | 402 - 805 | 5.5 | 4.0 | 4.0 | 3.5 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.5 | 2.5 |
| | 805 - 1207 | 9.5 | 7.0 | 6.5 | 6.0 | 5.5 | 5.0 | 4.5 | 4.0 | 3.5 |
| | 1207 - 1609 | 10.5 | 8.0 | 7.0 | 6.5 | 6.0 | 5.5 | 5.0 | 4.5 | 4.0 |
| | >1609 | 11.0 | 8.0 | 7.5 | 7.0 | 6.0 | 6.0 | 5.0 | 5.0 | 4.5 |
| 5 | 0 - 402 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| | 402 - 536 | 6.0 | 4.5 | 4.0 | 4.0 | 3.5 | 3.0 | 3.0 | 2.5 | 2.0 |
| | 536 - 805 | 9.0 | 7.0 | 6.0 | 6.0 | 5.5 | 5.0 | 4.5 | 4.0 | 3.5 |
| | 805 - 1207 | 12.5 | 9.0 | 8.5 | 8.0 | 7.0 | 7.0 | 6.0 | 6.0 | 5.0 |
| | 1207 - 1609 | 13.0 | 9.5 | 9.0 | 8.0 | 7.5 | 7.0 | 6.5 | 6.0 | 5.5 |
| | >1609 | 13.0 | 9.5 | 9.0 | 8.0 | 7.5 | 7.0 | 6.5 | 6.0 | 5.5 |
| 6 | 0 - 402 | 4.5 | 3.5 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.5 | 2.5 | 2.0 | 2.0 |
| | 402 - 536 | 9.0 | 6.5 | 6.0 | 6.0 | 5.0 | 5.0 | 4.0 | 3.5 | 3.0 |
| | 536 - 805 | 12.5 | 9.5 | 8.5 | 8.0 | 7.0 | 6.5 | 6.0 | 6.0 | 5.5 |
| | 805 - 1207 | 15.0 | 11.0 | 10.0 | 9.5 | 9.0 | 8.0 | 8.0 | 7.5 | 6.5 |
| | 1207 - 1609 | 15.0 | 11.0 | 10.0 | 9.5 | 9.0 | 8.5 | 8.0 | 7.5 | 6.5 |
| | >1609 | 15.0 | 11.0 | 10.0 | 9.5 | 9.0 | 8.5 | 8.0 | 7.5 | 6.5 |

Fuente: HCM 1994. Capítulo 8. Carretera de dos Carriles

Nota: Si la longitud de la pendiente se encuentra en un punto intermedio, aplicar la categoría siguiente. Se puede usar la interpolación para encontrar equivalentes de porcentajes de pendientes intermedias.

TABLA 3 - 13: de Equivalencia de vehículos ligeros para camiones y buses en pendientes de subida específicas

| PENDIENTE % | LONGITUD m | EQUIVALENTE VEHICULO LEGERO, ET | | | | | | | | | |
|----------------|---------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | PORCENTAJE DE CAMIONES Y BUSES | | | | | | | | | |
| | | 2 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 | 25 | |
| ≤2 | Todas | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| | 0 - 805 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| 3 | >805 | 2.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| | 0 - 402 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| | 402 - 805 | 2.5 | 2.5 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| 4 | >805 | 3.0 | 2.5 | 2.5 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 1.5 |
| | 0 - 402 | 2.5 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| | 402 - 805 | 4.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| 5 | >805 | 4.5 | 3.5 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.5 | 2.5 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| | 0 - 402 | 4.0 | 3.0 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 1.5 |
| | 402 - 805 | 6.0 | 4.0 | 4.0 | 3.5 | 3.0 | 3.0 | 2.5 | 2.5 | 2.0 | 2.0 |
| 6 | >805 | 6.0 | 4.5 | 4.0 | 4.0 | 3.5 | 3.0 | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 2.0 |

Fuente: HCM 1994. Capitulo 8. Carretera de dos Carriles

CÁLCULO DEL FACTOR DE AJUSTE POR PRESENCIA DE VEHÍCULOS PESADOS.

Una vez que los valores de ET y ER han sido encontrados, la determinación del factor de ajuste f_{VP} es como sigue:

$$f_{VP} = \frac{1}{1 + P_T (E_T - 1) + P_R (E_R - 1)}$$

Dónde:

E_T , E_R = Equivalentes vehículos ligeros para camiones o buses, y vehículos recreacionales en el flujo del tráfico.

P_T , P_R = Proporción de camiones o buses, y vehículos recreacionales en el flujo de tráfico.

f_{VP} = Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados.

En muchos casos, los camiones serán el único tipo de vehículo pesado presente en el flujo de tráfico con un grado significativo.

Donde el porcentaje de vehículos recreacionales sea pequeño comparado con el porcentaje de camiones, es a veces conveniente considerar a todos los vehículos pesados como camiones. Es así que, un flujo de tráfico consistente en un 10% de camiones y un 2% de vehículos recreacionales puede ser analizado como si tuviéramos 12% de camiones. Esto es generalmente aceptable donde el porcentaje de camiones y buses en el

flujo de tráfico es por lo menos 5 veces el porcentaje de vehículos recreacionales presentes.

1.5.2 EFECTO EN LA CAPACIDAD VEHICULAR.

La capacidad se define como el máximo número de vehículos que pueden circular por una vía en un periodo determinado bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial.

La capacidad vehicular se ve afectada con la presencia de la circulación de los vehículos pesados ya que estos operan a menores velocidades en carreteras con pendientes ascendentes provocando efectos negativos a los vehículos ligeros, haciendo que disminuya la capacidad vehicular en intervalos largos de tiempos en el tramo carretero.

Los vehículos pesados tienen mayores dimensiones que los vehículos ligeros y generalmente se mueven a velocidades menores. Por ello, cuando entre vehículos que circulan por una carretera existen vehículos pesados, el número total de vehículos que puede atravesar una sección será menor que si todos los vehículos fueran automóviles ligeros. Por consiguiente, la capacidad será menor si existe circulación de vehículos pesados.

Los tramos carreteros con gran inclinación longitudinal, sobre todo si estos tramos tienen distancias amplias, las cuales no son deseables por la reducción que provocan en la velocidad de los vehículos pesados al subir por el tramo, y por su incidencia desfavorable en la seguridad vial, también en los costes de conservación con la aparición de roderas en los pavimentos bituminosos por la acción de cargas pesadas y lentas.

Los vehículos pesados tienen un efecto perjudicial sobre la circulación por dos razones: primero porque son más grandes que los vehículos ligeros y por lo consiguiente son generalmente inferiores a las de los vehículos ligeros, dando lugar a la formación de unos huecos que no siempre se pueden ocupar eficazmente con las maniobras normales de adelantamiento en pendientes ascendentes.

Si bien la velocidad a simple vista de los vehículos ligeros se ve poco afectada por las pendientes inferiores al 7%, la de los vehículos pesados se ve muy reducida apenas la inclinación rebasa el 2% y el tramo es largo. Como además suele coincidir con restricciones de velocidad, a los vehículos ligeros les resulta difícil adelantar a los vehículos pesados, por la menor aceleración disponible en el tramo, y la velocidad de todo el tráfico está determinada por ellos. Por lo tanto el nivel de servicio se perjudicado.

La menor velocidad de los camiones obliga a los conductores que los siguen (vehículos livianos) a circular a velocidades menores de los que estos desean, especialmente cuando las oportunidades de sobrepaso son pocas. El resultado es que se reduce la velocidad de la corriente vehicular y por ende el nivel de servicio que ofrece la carretera. Al reducirse esta velocidad también aumentan los intervalos entre vehículos que transitan por hora disminuyendo la capacidad de la vía.

La reducción de las velocidades de proyecto influye en las operaciones y el nivel de servicio debido a que los conductores se ven forzados a circular a velocidades reducidas, y a estar más atentos para reaccionar frente al trazado horizontal y vertical.

1.5.3 INFLUENCIA DE LA PENDIENTE EN EL FACTOR DE VEHICULOS PESADOS.

El análisis de la pendiente en carreteras de dos carriles es más complejo que el de los tramos de condiciones geométricas normales.

Las intensidades de servicio o capacidad vehicular para el conjunto de los sentidos pueden calcularse para un determinado nivel de servicio o consecuentemente para una determinada velocidad media de la pendiente de subida. La relación que se utiliza es la siguiente:

$$In = V * \left(\frac{I}{c} \right) n * fr * fa * f_1 * f_{vp}$$

Dónde:

In = Intensidad de nivel de servicio N en V/h en ambos sentidos para las condiciones prevalecientes de la carretera.

$(I/c)n$ = Capacidad utilizada o relación de la intensidad para el nivel de servicio (n) a la capacidad ideal.

f_r = Factor de corrección por distribución de la circulación por sentidos.

f_a = Factor de corrección por carriles y arcenes estrechos.

f_{VP} = Factor de corrección de ajuste por presencia de vehículos pesados.

Cuya relación y factores que intervienen son prácticamente similares al de los tramos normales adjuntándose solamente un nuevo factor f_1 que es:

f_1 = factor de corrección para valorar los efectos de las pendientes en subida en la circulación de vehículos ligeros.

La corrección por vehículos pesados se realiza en base al factor f_{VP} cuyo cálculo se realiza con la expresión:

$$f_{VP} = \frac{1}{1 + P_{VP}(E_{VP} - 1)}$$

f_{VP} = Factor de corrección de ajuste por presencia de vehículos pesados en la circulación en pendiente ascendente de subida.

P_{VP} = Proporción total de vehículos pesados (camiones más vehículos de recreo + autobuses) en la circulación en pendiente ascendente de subida.

E_{VP} = Equivalente en vehículos ligeros para la composición concreta de vehículos pesados existentes en la circulación en pendiente ascendente de subida calculada con la relación.

$$E_p = 1 + (0.25 + P_{T/VP})(E - 1)$$

$P_{T/VP}$ = Proporción de camiones en relación con el total de vehículos pesados.

E = Equivalente de vehículos ligeros para un porcentaje de pendiente dado, longitud de la pendiente, y velocidad, seleccionado de la tabla N° 5.41.

TABLA 3 - 14: Valores de la relación I/c^a , con relación a la velocidad, porcentaje de inclinación de la rampa y porcentaje de los tramos con prohibición de adelantar para rampas singulares.

| Porcentaje de Pendiente | Velocidad promedio en la pendiente (mi/h) | Porcentaje de Zonas de No Adelantamiento para | | | | | |
|-------------------------|---|---|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| 3 | 88 | 0.27 | 0.23 | 0.19 | 0.17 | 0.14 | 0.12 |
| | 84 | 0.42 | 0.38 | 0.33 | 0.31 | 0.29 | 0.27 |
| | 80 | 0.64 | 0.59 | 0.55 | 0.52 | 0.49 | 0.47 |
| | 72 | 1.00 | 0.95 | 0.91 | 0.88 | 0.86 | 0.84 |
| | 68 | 1.00 | 0.98 | 0.97 | 0.96 | 0.95 | 0.94 |
| | 64 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 4 | 88 | 0.25 | 0.21 | 0.18 | 0.16 | 0.13 | 0.11 |
| | 84 | 0.40 | 0.36 | 0.31 | 0.29 | 0.27 | 0.25 |
| | 80 | 0.61 | 0.56 | 0.52 | 0.49 | 0.47 | 0.45 |
| | 72 | 0.97 | 0.92 | 0.88 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |
| | 68 | 0.99 | 0.96 | 0.95 | 0.94 | 0.93 | 0.92 |
| | 64 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 5 | 88 | 0.21 | 0.17 | 0.14 | 0.12 | 0.10 | 0.08 |
| | 84 | 0.36 | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 |
| | 80 | 0.57 | 0.49 | 0.45 | 0.41 | 0.39 | 0.37 |
| | 72 | 0.93 | 0.84 | 0.79 | 0.75 | 0.72 | 0.70 |
| | 68 | 0.97 | 0.90 | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.82 |
| | 64 | 0.98 | 0.96 | 0.95 | 0.94 | 0.93 | 0.92 |
| | 56 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 6 | 88 | 0.12 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 0.04 |
| | 84 | 0.27 | 0.22 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 |
| | 80 | 0.48 | 0.40 | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.26 |
| | 72 | 0.85 | 0.76 | 0.68 | 0.63 | 0.59 | 0.55 |
| | 68 | 0.93 | 0.84 | 0.78 | 0.74 | 0.70 | 0.67 |
| | 64 | 0.97 | 0.91 | 0.87 | 0.83 | 0.81 | 0.78 |
| | 56 | 1.00 | 0.96 | 0.95 | 0.93 | 0.91 | 0.90 |
| | 48 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.98 | 0.98 |
| 7 | 88 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 84 | 0.13 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.05 | 0.04 |
| | 80 | 0.34 | 0.27 | 0.22 | 0.18 | 0.15 | 0.12 |
| | 72 | 0.77 | 0.65 | 0.55 | 0.46 | 0.40 | 0.35 |
| | 68 | 0.86 | 0.75 | 0.67 | 0.60 | 0.54 | 0.48 |
| | 64 | 0.93 | 0.82 | 0.75 | 0.69 | 0.64 | 0.59 |
| | 56 | 1.00 | 0.91 | 0.87 | 0.82 | 0.79 | 0.76 |
| | 48 | 1.00 | 0.95 | 0.92 | 0.90 | 0.88 | 0.86 |

^aRelación de flujo para una capacidad ideal de 2800 veh/h, asumiendo que la operación de vehículos ligeros no es afectada por la pendiente.

Nota: Interpolan los valores intermedios de "Porcentaje de Zonas de No Adelantamiento", redondear el "Porcentaje de Pendiente" al próximo valor entero mayor.

Fuente: HCM 1994. Capítulo 8. Carretera de dos Carriles

TABLA 3 - 15: Equivalente de vehículos ligeros para pendientes específicas en carreteras rurales de dos carriles, E y E0.

| PENDIENTE % | LONGITUD DE LA PENDIENTE (metros) | VELOCIDAD PROMEDIO EN LA PENDIENTE (mi/h) | | | | | |
|----------------|--|--|------|------|------|------|------|
| | | 88 | 84 | 80 | 72 | 64 | 48 |
| 0 | Todas | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.3 |
| 3 | 400 | 2.9 | 2.3 | 2.0 | 1.7 | 1.6 | 1.5 |
| | 800 | 3.7 | 2.9 | 2.4 | 2.0 | 1.8 | 1.7 |
| | 1200 | 4.8 | 3.6 | 2.9 | 2.3 | 2.0 | 1.9 |
| | 1600 | 6.5 | 4.6 | 3.5 | 2.6 | 2.3 | 2.1 |
| | 2400 | 11.2 | 6.6 | 5.1 | 3.4 | 2.9 | 2.5 |
| | 3200 | 19.8 | 9.3 | 6.7 | 4.6 | 3.7 | 2.9 |
| | 4800 | 71.0 | 21.0 | 10.8 | 7.3 | 5.6 | 3.8 |
| 6400 | a | 48.0 | 20.5 | 11.3 | 7.7 | 4.9 | |
| 4 | 400 | 3.2 | 2.5 | 2.2 | 1.8 | 1.7 | 1.6 |
| | 800 | 4.4 | 3.4 | 2.8 | 2.2 | 2.0 | 1.9 |
| | 1200 | 6.3 | 4.4 | 3.5 | 2.7 | 2.3 | 2.1 |
| | 1600 | 9.6 | 6.3 | 4.5 | 3.2 | 2.7 | 2.4 |
| | 2400 | 19.5 | 10.3 | 7.4 | 4.7 | 3.8 | 3.1 |
| | 3200 | 43.0 | 16.1 | 10.8 | 6.9 | 5.3 | 3.8 |
| | 4800 | a | 48.0 | 20.0 | 12.5 | 9.0 | 5.5 |
| 6400 | a | a | 51.0 | 22.8 | 13.8 | 7.4 | |
| 5 | 400 | 3.6 | 2.8 | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.7 |
| | 800 | 5.4 | 3.9 | 3.2 | 2.5 | 2.2 | 2.0 |
| | 1200 | 8.3 | 5.7 | 4.3 | 3.1 | 2.7 | 2.4 |
| | 1600 | 14.1 | 8.4 | 5.9 | 4.0 | 3.3 | 2.8 |
| | 2400 | 34.0 | 16.0 | 10.8 | 6.3 | 4.9 | 3.8 |
| | 3200 | 91.0 | 28.3 | 17.4 | 10.2 | 7.5 | 4.8 |
| | 4800 | a | a | 37.0 | 22.0 | 14.6 | 7.8 |
| 6400 | a | a | a | 55.0 | 25.0 | 11.5 | |
| 6 | 400 | 4.0 | 3.1 | 2.5 | 2.1 | 1.9 | 1.8 |
| | 800 | 6.5 | 4.8 | 3.7 | 2.8 | 2.4 | 2.2 |
| | 1200 | 11.0 | 7.2 | 5.2 | 3.7 | 3.1 | 2.7 |
| | 1600 | 20.4 | 11.7 | 7.8 | 4.9 | 4.0 | 3.3 |
| | 2400 | 60.0 | 25.2 | 16.0 | 8.5 | | 4.7 |
| | 3200 | a | 50.0 | 28.2 | 15.3 | 10.7 | 6.3 |
| | 4800 | a | a | 70.0 | 38.0 | 23.9 | 11.3 |
| 6400 | a | a | a | 90.0 | 45.0 | 18.1 | |
| 7 | 400 | 4.5 | 3.4 | 2.7 | 2.2 | 2.0 | 1.9 |
| | 800 | 7.9 | 5.7 | 4.2 | 3.2 | 2.7 | 2.4 |
| | 1200 | 14.5 | 9.1 | 6.3 | 4.3 | 3.6 | 3.0 |
| | 1600 | 31.4 | 16.0 | 10.0 | 6.1 | 4.8 | 3.8 |
| | 2400 | a | 39.5 | 23.5 | 11.5 | 8.4 | 5.8 |
| | 3200 | a | 88.0 | 46.0 | 22.8 | 15.4 | 8.2 |
| | 4800 | a | a | a | 66.0 | 38.5 | 16.1 |
| 6400 | a | a | a | a | a | 28.0 | |

Fuente: HCM 1994. Capitulo 8. Carretera de dos Carriles

^aVelocidad no accesible en la pendiente especificada.

Los equivalentes de vehículos ligeros presentados en la tabla N° 3-11 representa la combinación promedio de camiones, vehículos recreacionales y buses en el flujo de tráfico. Esta combinación promedio es para 14% de camiones, 4% de vehículos recreacionales y sin buses.

1.6 RELACION DE LA GEOMETRIA VERTICAL CON LA PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS.

Las cotas del eje en planta de una carretera o camino, al nivel de la superficie del pavimento o capa de rodadura, constituyen la rasante o línea de referencia del alineamiento vertical.

La representación gráfica de esta rasante recibe el nombre de Perfil Longitudinal del Proyecto. La rasante determina las características en el alineamiento vertical de la carretera y está constituida por sectores que presentan pendientes de diversa magnitud y/o sentido, enlazadas por curvas verticales que normalmente serán parábolas de segundo grado. Para fines de proyecto, el sentido de las pendientes se define según el avance de la distancia acumulada (Dm), siendo positivas aquéllas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota. Las curvas verticales de acuerdo entre dos pendientes sucesivas permiten lograr una transición paulatina entre pendientes de distinta magnitud y/o sentido, eliminando el quiebre de la rasante. El adecuado diseño de ellas asegura las distancias de visibilidad requeridas por el proyecto.

1.6.1 PENDIENTES EN CARRETERAS.

La Tabla 3-12 establece las pendientes máximas admisibles según la categoría de la carretera o camino.

TABLA 3 - 16: pendientes máximas admisibles %

| CATEGORIA | VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h) | | | | | | | | | |
|------------|------------------------------|--------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
| Desarrollo | 10 - 12 | 10 - 9 | 9 | - | - | - | - | - | (1) | - |
| Local | - | 9 | 9 | 8 | 8 | - | - | - | - | - |
| Colector | - | - | - | 8 | 8 | 8 | - | - | - | - |
| Primario | - | - | - | - | - | 6 | 5 | 4,5 | - | - |
| Autorruta | - | - | - | - | - | 6 | 5 | 4,5 | - | - |
| Autopistas | - | - | - | - | - | 5 | - | 4,5 | - | - |

(1) 110 Km/h no esta considerada dentro del rango de Vp asociadas a la categoria.
Manual de diseño de carreteras. Capitulo 2. (Diseño Geometricodel trazado).

El proyectista procurará utilizar las menores pendientes compatibles con la topografía en que se emplaza el trazado. Carreteras con un alto volumen de tránsito justifican económicamente el uso de pendientes moderadas, pues el ahorro en costos de operación y la mayor capacidad de la vía compensarán los mayores costos de construcción. En carreteras con calzadas independientes, las pendientes de bajada

podrán superar hasta en un 1% los máximos establecidos en la Tabla 3-12. En camino de alta montaña, cuando se superan los 2.500 m sobre el nivel del mar, la pendiente máxima deberá limitarse según la siguiente Tabla.

TABLA 3 - 17: Camino de alta montaña pendientes máximas % según altura s.n.m.

| Altura s.n.m. | VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h) | | | | | |
|--|------------------------------|----|----|-----|-----|---------|
| | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 (1) |
| 2500 - 3000 m | 9 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7/5 (1) |
| 3100 - 3500 m | 8 | 7 | 7 | 6,5 | 6,5 | 6/5 |
| sobre 3500 m | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 5/4 5 |
| (1) 110 Km/h valor maximo caminos / valor maximo carreteras. | | | | | | |
| <i>Manual de diseño de carreteras. Capitulo 2. (Diseño Geometricodel trazado).</i> | | | | | | |

1.6.2 EFECTOS DE LA PENDIENTE EN LA CIRCULACION.

El efecto de las pendientes está muy ligado al tráfico pesado. Desde el punto de vista de la capacidad, la pendiente solo tiene efectos favorables cuando obliga a reducir la velocidad de los camiones por debajo de 50 km/h a cuya velocidad se alcanza aproximadamente la máxima capacidad. El efecto sobre la velocidad de servicio se produce mucho antes y por tanto la pendiente influye considerablemente en los niveles de servicio, cuando el porcentaje de vehículos pesados es apreciable.

En carreteras de dos carriles, el efecto de la pendiente suele ir acompañado por el también desfavorable de una reducción de la visibilidad de adelantamiento. Por ello muchas veces es conveniente el establecimiento de carriles lentos para los camiones.

1.6.3 RELACION DE LA PENDIENTE CON LOS VEHICULOS PESADOS.

Los vehículos pesados tienen mayores dimensiones que los vehículos ligeros y generalmente se mueven a velocidades menores. Por ello, cuando entre vehículos que circulan por una carretera existen vehículos pesados, el número total de vehículos que puede atravesar una sección será menor que si todos los vehículos fueran automóviles ligeros. Por consiguiente, la capacidad será menor si existe circulación de vehículos pesados.

Los tramos carreteros con gran inclinación longitudinal, sobre todo si estos tramos tienen distancias amplias, las cuales no son deseables por la reducción que provocan en la velocidad de los vehículos pesados al subir por el tramo, y por su incidencia desfavorable en la seguridad vial, también en los costes de conservación con la aparición de roderas en los pavimentos bituminosos por la acción de cargas pesadas y lentas.

Los vehículos pesados tienen un efecto perjudicial sobre la circulación por dos razones: primero porque son más grandes que los vehículos ligeros y por lo consiguiente son generalmente inferiores a las de los vehículos ligeros, dando lugar a la formación de unos huecos que no siempre se pueden ocupar eficazmente con las maniobras normales de adelantamiento en pendientes ascendentes.

Si bien la velocidad a simple vista de los vehículos ligeros se ve poco afectada por las pendientes inferiores al 7%, la de los vehículos pesados se ve muy reducida apenas la inclinación rebasa el 2% y el tramo es largo. Como además suele coincidir con restricciones de velocidad, a los vehículos ligeros les resulta difícil adelantar a los vehículos pesados, por la menor aceleración disponible en el tramo, y la velocidad de todo el tráfico está determinada por ellos. Por lo tanto el nivel de servicio se perjudica.

La menor velocidad de los camiones obliga a los conductores que los siguen (vehículos livianos) a circular a velocidades menores de los que estos desean, especialmente cuando las oportunidades de sobrepaso son pocas. El resultado es que se reduce la velocidad de la corriente vehicular y por ende el nivel de servicio que ofrece la carretera. Al reducirse esta velocidad también aumentan los intervalos entre vehículos que transitan por hora disminuyendo la capacidad de la vía. La reducción de las velocidades de proyecto influye en las operaciones y el nivel de servicio debido a que los conductores se ven forzados a circular a velocidades reducidas, y a estar más atentos para reaccionar frente al trazado horizontal y vertical.

CAPITULO IV. APLICACION PRÁCTICA.

1.1 UBICACION DEL TRAMO DE ESTUDIO.

Para la realización de este estudio se obtendrán aforos de capacidades y velocidades en dos regiones del departamento de Tarija, estos son la carretera de la falda la Queñua y la carretera del Aguarague.

Ubicación del tramo de estudio del Aguarague.-

El Aguarague es un tramo carretero que pertenece a la Red Vial Departamental de Tarija sobre la Ruta Fundamental F-011 Geográficamente se halla emplazado entre los 63° 37' a 63°50' de longitud oeste, y los 21° 25' a 21° 55' de latitud sur..

La serranía del Aguarague es el último contrafuerte de las serranías sub andinas antes de la gran llanura del Chaco basal, este sistema montañoso está conformado por lutitas y areniscas de edad pérmica, en tanto que las tierras verdemontañas son de edad terciaria predominante.

Las sierras del Aguarague abarcan casi 180 kilómetros en dirección norte-sur, con una amplitud este-oeste de casi 20 Km, considerando los faldíos del pie de monte. Se extienden desde la frontera con Argentina, entre los departamentos de Tarija y Chuquisaca, hasta el borde de la zona de Boyuibe (río Parapetí).

Caracterizada por sierras angostas paralelas, valles profundos y laderas de notable inclinación, la zona es de elevada fragilidad ecológica. El bosque de Yungas tucumano boliviano subhúmedo y estacional se instala en crestas y faldíos montañosos en un intervalo altitudinal entre los 2.000 y los 600 msnm, donde contacta con la eco región de bosques secos del Chaco serrano.

Si bien los niveles de biodiversidad no son muy altos, existe presencia de especies amenazadas y endemismos en flora y fauna. El bosque subhúmedo-seco y deciduo del

Chaco serrano se ubica en un gradiente altitudinal entre los 1000 y 300 msnm, y una pluviosidad que va desde los 1300 a 700 mm anuales. Las pronunciadas pendientes y la naturaleza geológica frágil de los sustratos (areniscas, lutitas y pizarras) confieren a la mayor parte de la región una elevada sensibilidad ecológica ante diversas perturbaciones.

El Parque Aguaragüe incluye una franja de 20 km de ancho que discurre de Norte a Sur en la zona del proyecto, existen en su interior importantes superficies intervenidas por el hombre por décadas para fines agrícolas y de ganadería, especialmente en la planicie de Campo Pajoso y en el valle de Caraparí.

En terrenos montañosos (serranías de Aguaragüe) existen varios tramos con pendientes fuertes (superiores a 8%) y con importantes problemas de visibilidad que limitan actualmente las velocidades de operación.

FIGURA 4 - 1: Fotografía de la Reserva del Aguarague.



Fuente: Elaboración Propia.

En la serranía de Aguaragüe, las pendientes importantes se dan en el tramo comprendido entre elevaciones de 800 y 1300 m s.n.m., con un desnivel total a vencer de unos 500 m, y pendientes de subida de 8.5% en promedio, y de 8.2% para la bajada.

Los sub tramos en estudio de aquí en adelante denominados: Sub Tramo 1 Carapari – El Aguarague, sub tramo 2, Ojo de Agua - El Aguarague y sub tramo 3 Ojo de Agua - El Aguarague.

Sub tramo 1: Carapari – El Aguarague, abarca parte de Carapari hasta donde se termina el pavimento, donde empieza el camino de tierra, conecta a Carapari con Villamontes y Yacuiba

Las coordenadas del punto de inicio son: Latitud $21^{\circ}51'21.17''S$; longitud $63^{\circ}42'50.21''O$, finalizando donde se termina el pavimento Latitud $21^{\circ}51'42.72''S$; longitud $63^{\circ}42'46.75''O$, una ruta que integra el Departamento con el sur de nuestro país.

FIGURA 4 - 2: Fotografía sub tramo 1, Carapari – El Aguarague.



Fuente: Google Maps.

El Aguarague es un tramo carretero que pertenece a la Red Vial Departamental de Tarija sobre la Ruta Fundamental F-011 de carreteras según la A.B.C. La red fundamental es transitable todo el año, siendo muy importante ya que conecta al país, con Santa Cruz, Beni, etc. y con la Republica de Argentina.

Sub tramo 2: Ojo de Agua – El Aguarague, abarca parte de Campo Pajoso hasta donde se termina el pavimento, donde empieza el camino de tierra, conecta a Villamontes y Yacuiba con Tarija.

Las coordenadas del punto de inicio son: Latitud $21^{\circ}52'45.52''S$; longitud $63^{\circ}41'5.82''O$, finalizando donde se termina el pavimento Latitud $21^{\circ}52'31.32''S$; longitud $63^{\circ}41'39.03''O$, una ruta que integra el Departamento con el País.

FIGURA 4 - 3: Fotografía sub tramo 2, Ojo de Agua – El Aguarague.



Fuente: Google Maps

El Aguarague es un tramo carretero que pertenece a la Red Vial Departamental de Tarija sobre la Ruta Fundamental F-011 de carreteras según la A.B.C. La red fundamental es transitable todo el año, siendo muy importante ya que conecta al país, Tarija, y el norte boliviano

Sub tramo 3: Ojo de Agua – El Aguarague, abarca parte de Campo Pajoso hasta donde se termina el pavimento, donde empieza el camino de tierra, conecta a Villamontes y Yacuiba con Tarija.

Las coordenadas del punto de inicio son: Latitud $21^{\circ}52'40.12''S$; longitud $63^{\circ}40'38.69''O$, finalizando donde se termina el pavimento Latitud $21^{\circ}52'40.48''S$; longitud $63^{\circ}41'1.46''O$, una ruta que integra el Departamento con el País.

FIGURA 4 - 4: Fotografía sub tramo 3, Ojo de Agua – El Aguarague.



Fuente: Google Maps

El Aguarague es un tramo carretero que pertenece a la Red Vial Departamental de Tarija sobre la Ruta Fundamental F-011 de carreteras según la A.B.C. La red fundamental es transitable todo el año, siendo muy importante ya que conecta al país, Tarija, y el norte boliviano

Ubicación del tramo de estudio de la falda la Queñua.-

La carretera Potosí – Tarija vincula las ciudades capitales de los tres departamentos del sur de Bolivia: Chuquisaca, Potosí y Tarija. Es parte integrante de la carretera panamericana longitudinal y de la Ruta N°. 1 de la red Fundamental del Sistema Vial Nacional de Bolivia; vincula las fronteras del Perú al norte y de la Argentina al Sur.

Está ubicada en la Cordillera Oriental de los Andes Bolivianos y se desarrolla a lo largo de zonas topográficas planas, onduladas, montañosas y muy montañosas.

El proyecto se inicia en la localidad de Cuchu Ingenio, distante 38 Km. De Potosí situada a una altura promedio de 3700 m.s.n.m. desarrollándose hasta Santa Bárbara (cota 2000 m.s.n.m.) que intercepta la carretera asfaltada de San Lorenzo – Tarija, en el punto final del Proyecto.

A las restricciones de diseño se deben añadir las dificultades en épocas de fuertes lluvias, por deficiencias en su sistema de drenaje y taludes no estabilizados, originándose frecuentes interrupciones del tráfico con los siguientes prejuicios para la economía de la región y de los usuarios.

FIGURA 4 - 5: Fotografía de la Variante la Falda la Queñua.



Fuente: Elaboración Propia.

La actual carretera Potosí –Tarija, se desarrolla en terreno ondulado y montañoso, y en algunos lugares en condiciones topográficas muy difíciles.

Los sub tramos en estudio de aquí en adelante denominados: Sub Tramo 1, sub tramo 2, y sub tramo 3, todas en dirección al túnel de la variante de la Falda la Queñua.

Sub tramo 1: la Concha – El túnel, se ubica a 580 metros aproximadamente al Túnel, todo el tramo tiene la característica de contar con pavimento, conecta a Tarija - Potosí vincula las ciudades capitales de los tres departamentos del norte de Bolivia:

Las coordenadas del punto de inicio son: Latitud $21^{\circ}51'21.17''S$; longitud $63^{\circ}42'50.21''O$, finalizando donde se termina el pavimento Latitud $21^{\circ}51'42.72''S$; longitud $63^{\circ}42'46.75''O$, una ruta que integra el Departamento con el norte de nuestro país.

La carretera Potosí Tarija – Potosí, vincula las ciudades capitales de los tres departamentos del norte de Bolivia: Chuquisaca, Potosí y Tarija. Es parte integrante de la carretera panamericana longitudinal y de la Ruta N°. 1 de la red Fundamental del Sistema Vial Nacional de Bolivia; vincula las fronteras del Perú al norte y de la Argentina al Sur. Está ubicada en la Cordillera Oriental de los Andes Bolivianos y se desarrolla a lo largo de zonas topográficas planas, onduladas, montañosas y muy montañosas.

FIGURA 4 - 6: Fotografía sub tramo 1 de la Variante la Falda la Queñua.



Fuente: Google Maps

Sub tramo 2: la Concha – El túnel, se ubica a 2980 metros aproximadamente al Túnel, todo el tramo tiene la característica de contar con pavimento, conecta a Tarija - Potosí vincula las ciudades capitales de los tres departamentos del norte de Bolivia: Las coordenadas del punto de inicio son: Latitud $21^{\circ}51'21.17''S$; longitud $63^{\circ}42'50.21''O$, finalizando donde se termina el pavimento Latitud $21^{\circ}51'42.72''S$; longitud $63^{\circ}42'46.75''O$, una ruta que integra el Departamento con el norte de nuestro país.

FIGURA 4 - 7: Fotografía sub tramo 2 de la Variante la Falda la Queñua.



Fuente: Google Maps

La carretera Potosí Tarija – Potosí, vincula las ciudades capitales de los tres departamentos del norte de Bolivia: Chuquisaca, Potosí y Tarija. Es parte integrante

de la carretera panamericana longitudinal y de la Ruta N°. 1 de la red Fundamental del Sistema Vial Nacional de Bolivia; vincula las fronteras del Perú al norte y de la Argentina al Sur. Está ubicada en la Cordillera Oriental de los Andes Bolivianos y se desarrolla a lo largo de zonas topográficas planas, onduladas, montañosas y muy montañosas.

Sub tramo 3: la Concha – El túnel, se ubica a 4180 metros aproximadamente al Túnel, todo el tramo tiene la característica de contar con pavimento, conecta a Tarija - Potosí vincula las ciudades capitales de los tres departamentos del norte de Bolivia:

Las coordenadas del punto de inicio son: Latitud $21^{\circ}51'21.17''S$; longitud $63^{\circ}42'50.21''O$, finalizando donde se termina el pavimento Latitud $21^{\circ}51'42.72''S$; longitud $63^{\circ}42'46.75''O$, una ruta que integra el Departamento con el norte de nuestro país.

FIGURA 4 - 8: Fotografía sub tramo 2 de la Variante la Falda la Queñua.



Fuente: Google Maps

La carretera Potosí Tarija – Potosí, vincula las ciudades capitales de los tres departamentos del norte de Bolivia: Chuquisaca, Potosí y Tarija. Es parte integrante de la carretera panamericana longitudinal y de la Ruta N°. 1 de la red Fundamental del Sistema Vial Nacional de Bolivia; vincula las fronteras del Perú al norte y de la Argentina al Sur.

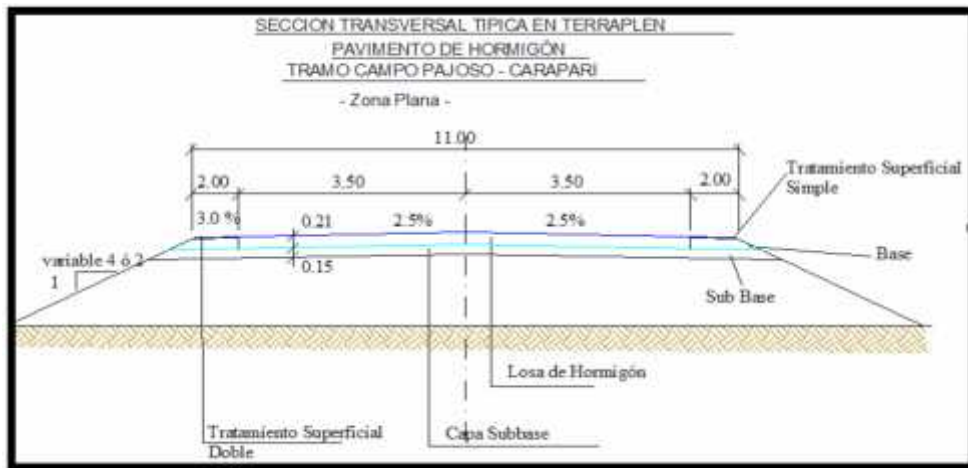
Está ubicada en la Cordillera Oriental de los Andes Bolivianos y se desarrolla a lo largo de zonas topográficas planas, onduladas, montañosas y muy montañosas.

1.2 CARACTERISTICAS DEL TRAMO DE ESTUDIO.

Características del tramo de estudio del Aguarague.

Dentro de la carretera al chaco que atraviesa la reserva del Aguarague se ubican los tres sub tramos en estudio, con pendiente ascendente, esta carretera es de dos carriles, los sentidos que tiene tramo que comprenden Carapari – Campo Pajoso, y Campo Pajoso – Carapari, del chaco tarijeño. Este sub tramos cuentan con pavimento flexible, con respecto a la señalización, no cuenta con la señalización horizontal, pero tiene la señalización vertical. Tiene una velocidad de diseño de 60 km/h en zonas planas y 40 km/h en terreno montañoso. Esta carretera tiene un nivel de servicio B. Tiene una categoría Primaria según la Administradora Boliviana de Carreteras. La sección típica tiene un ancho plataforma pavimentada de 7.00 m, número de bermas 2, Ancho de berma 1.50 y 2.00 m, el Pavimento de bermas tiene un Tratamiento bituminoso superficial simple.

FIGURA 4 - 9: Sección Transversal.



Fuente: Administradora Boliviana De Carreteras.

Las curvas simples o en S 1 curvas compuestas con radios de diferentes sentidos, dentro del tramo en estudio, cumple con las condiciones de diseño y los radios de curvatura están dentro del rango establecido.

Sub tramo 1: es una carretera de dos carriles indivisos y con dos sentidos, se ubica dentro del tramo Carapari – El Aguarague, entre las progresivas 16+500 y 16+000, con una distancia de 500 m y una pendiente 6.35%.

FIGURA 4 - 10: Fotografía sub tramo 1, Carapari – El Aguarague.



Fuente: Elaboración Propia.

El diseño geométrico de este sub tramo en estudio cuenta con arcenes y bermas de 1.50m con un ancho de carril de 3.50 m necesario para permitir el paso de vehículos sin ocasionar problemas en el tráfico y además por las características dadas de la zona que es una zona muy frecuentada por turismo ya que es una carretera que une con la Republica de Argentina, este sub tramo concluye en el final del tramo pavimentado donde empieza el camino de tierra.

| Curva N° | Velocidad(km/h) | Pendiente % | | Progresiva | | R (m) | Δ (°) | Le (m) | T (m) | Lc (m) |
|----------|-----------------|-------------|--------|------------|------------|-------|--------------|--------|--------|--------|
| | Diseño (Vd) | Entrada | Salida | Entrada | Salida | | | | | |
| 64 A | 40 | 6,35 | 6,35 | 16+03,781 | 16+249,54 | 125 | 77°09'6,82 | 46,76 | 123,63 | 121,56 |
| Medio | 60 | 6,35 | 6,35 | 16+270 | 16+290 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 65 A | 40 | 6,35 | 6,35 | 16+341,54 | 16+487,215 | 200 | 46°29'56,14 | 40 | 106,06 | 122,31 |

Fuente: Planos Asbuilt proporcionas por la ABC

Sub tramo 2: Este sub tramo es una carretera de dos carriles indivisos y con dos sentidos con características similares al anterior sub tramo a diferencia del primero se ubica en sentido contrario pero de igual manera de pendiente ascendente Ojo de Agua. Este sub tramos cuentan con pavimento flexible, con respecto a la señalización, no cuenta con la señalización horizontal (no tiene división de calzada , no tiene división de los carriles), pero tiene la señalización vertical. Cuenta con una velocidad de diseño de 60 km/h en zonas planas y 40km/h en terreno montañoso.

Para el pavimento Se recomienda Pavimento Rígido con un espesor de $e = 22$ cm (C.Pajoso ↔ Carap.). La sección típica tiene un ancho plataforma pavimentada de 7.00 m, número de bermas 2, Ancho de berma 1.50 y 2.00 m, el Pavimento de bermas tiene un Tratamiento bituminoso superficial simple.

El Aguarague, entre las progresivas 7+200 y 6+500, con una distancia de 700 m y una pendiente 8.25%.

FIGURA 4 - 11: Fotografía sub tramo 2, Ojo de Agua – El Aguarague.



Fuente: Elaboración Propia.

El diseño geométrico de este sub tramo es diferente al primero en el ancho de la berma este tramo cuenta con arcenes y bermas de 2 m con un ancho de carril de 3.50 m necesario para permitir el paso de vehículos sin ocasionar problemas en el tráfico y además por las características dadas de la zona que es una zona muy frecuentada por turismo ya que es una carretera que une con la Republica de Argentina, este sub tramo se encuentra en tramo pavimentado.

| Curva N° | Velocidad(km/h) | Pendiente % | | Progresiva | | R (m) | Δ (°) | Le (m) | T (m) | Lc (m) |
|----------|-----------------|-------------|--------|------------|----------|-------|--------------|--------|--------|--------|
| | Diseño (Vd) | Entrada | Salida | Entrada | Salida | | | | | |
| 18A | 40 | 8,25 | 8,25 | 6+508,214 | 6+574,65 | 160 | 03°53'52,9 | 40 | 224,94 | 250,14 |
| Medio | 60 | 8,25 | 8,25 | 6+610 | 6+630 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 A | 40 | 8,25 | 8,25 | 6+721,25 | 6+789,45 | 160 | 03°23'24,0 | 40 | 223,08 | 248,72 |

| Curva N° | Velocidad(km/h) | Pendiente % | | Progresiva | | R (m) | Δ (°) | Le (m) | T (m) | Lc (m) |
|----------|-----------------|-------------|--------|------------|-----------|-------|--------------|--------|--------|--------|
| | Diseño (Vd) | Entrada | Salida | Entrada | Salida | | | | | |
| Recta | 60 | 8,25 | 8,25 | 6+914,25 | 7+004,021 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 A | 40 | 8,25 | 8,25 | 7+090 | 7+110 | 120 | 49°34'25,59 | 50 | 80,779 | 53,827 |
| 15 A | 40 | 8,25 | 8,25 | 7+184,25 | 7+253,215 | 194,3 | 72°11'27,20 | 50 | 113,09 | 101,2 |

Fuente: Planos Asbuilt proporcionas por la ABC

Sub tramo 3: Este sub tramo es una carretera de dos carriles indivisos y con dos sentidos con características similares al anterior sub tramo, Ojo de Agua - El Aguarague, entre las progresivas 6+400 y 5+800, con una distancia de 600 m y una pendiente 9%. Este sub tramos cuentan con pavimento flexible, con respecto a la señalización, no cuenta con la señalización horizontal (no tiene división de calzada, no tiene división de los carriles), pero tiene la señalización vertical. Cuenta con una velocidad de diseño de 60 km/h en zonas planas y 40km/h en terreno montañoso, el Tipo de carretera tiene una Categoría: A. Para el pavimento Se recomienda Pavimento Rígido con un espesor de $e = 22$ cm (C.Pajoso \Leftrightarrow Carap.). La sección típica tiene un ancho plataforma pavimentada de 7.00 m, número de bermas 2, Ancho de berma 1.50 y 2.00 m, el Pavimento de bermas tiene un Tratamiento bituminoso superficial simple.

FIGURA 4 - 12: Fotografía sub tramo 3, Ojo de Agua – El Aguarague.



Fuente: Elaboración Propia.

El diseño geométrico de este sub tramo es similar al segundo en el ancho de la berma este tramo cuenta con arcenes y bermas de 2 m con un ancho de carril de 3.50 m necesario para permitir el paso de vehículos sin ocasionar problemas en el tráfico y además por las características dadas de la zona que es una zona muy frecuentada por turismo ya que es una carretera que une con la Republica de Argentina, este sub tramo se encuentra en tramo pavimentado.

| Curva N° | Velocidad(km/h) | Pendiente % | | Progresiva | | R (m) | Δ (°) | Le (m) | T (m) | Lc (m) |
|----------|-----------------|-------------|--------|------------|-----------|-------|--------------|--------|--------|--------|
| | Diseño (Vd) | Entrada | Salida | Entrada | Salida | | | | | |
| 14 A | 40 | 9 | 9 | 5+800,458 | 5+847,265 | 80 | 39°58'18,59" | 40 | 49,326 | 15,811 |
| Medio | 60 | 9 | 9 | 5+860 | 5+880 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 A | 40 | 9 | 9 | 5+902,215 | 5+9489,32 | 70 | 36°39'57,91" | 30 | 105,4 | 104,97 |

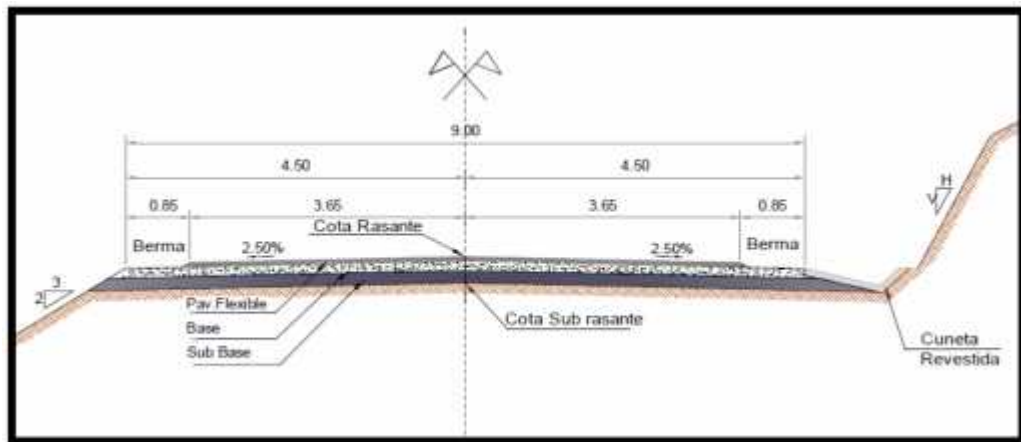
| Curva N° | Velocidad(km/h) | Pendiente % | | Progresiva | | R (m) | Δ (°) | Le (m) | T (m) | Lc (m) |
|----------|-----------------|-------------|--------|------------|----------|-------|--------------|--------|--------|--------|
| | Diseño (Vd) | Entrada | Salida | Entrada | Salida | | | | | |
| 12 A | 40 | 9 | 9 | 6+045,36 | 6+095,32 | 50 | 43°57'54" | 40 | 45,46 | 27,401 |
| Medio | 60 | 9 | 9 | 6+120 | 6+150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 A | 40 | 9 | 9 | 6+170,25 | 6+190,25 | 70 | 51°59'14" | 40 | 216,44 | 31,41 |

Fuente: Planos Asbuilt proporcionas por la ABC

Características del tramo de estudio de la Falda la Queñua.

Dentro de la carretera Tarija –Potosí, que atraviesa la variante la Falda la Queñua, se ubican los sub tramos en estudio, con pendiente ascendente, esta carretera esta carretera es de dos carriles, que comprenden La comunidad de la Concha – El túnel, del departamento de Tarija. Esta carretera cuenta con una señalización completa, tanto la señalización horizontal como la vertical. Tiene una velocidad de diseño de 60 km/h en zonas planas y 40 km/h en terreno montañoso. Esta carretera tiene un nivel de servicio B. Tiene una categoría Primaria según la administradora Boliviana de Carreteras.

FIGURA 4 - 11: Sección Transversal.



Fuente: Administradora Boliviana De Carreteras.

Sub tramo 1: Este sub tramo es una carretera de dos carriles indivisos y con dos sentidos, se ubica a 580 metros aproximadamente al Túnel dentro del tramo la

Concha – El túnel, entre las progresivas 2+600 y 3+400, con una distancia de 800 m y una pendiente 8%. Cuenta con una velocidad de diseño de 60 km/h en zonas planas y 40km/h en terreno montañoso, el Tipo de carretera tiene una Categoría: A.

FIGURA 4 - 13: Fotografía sub tramo 1, La Concha – El túnel.



Fuente: Elaboración Propia.

El diseño geométrico de este sub tramo en estudio cuenta con arcenes y bermas de 0.85m con un ancho de carril de 3.65 m necesario para permitir el paso de vehículos sin ocasionar problemas en el tráfico y además por las características dadas de la zona que es una zona muy frecuentada por turismo ya que es una carretera que une con el norte de nuestro País.

Este Sub Tramo tiene 2 curvas sucesivas simples con radios de diferentes sentidos, dentro del tramo en estudio, cumple con las condiciones de diseño y los radios de curvatura están dentro del rango establecido.

| Curva N° | Velocidad(km/h) | Pendiente % | | Progresiva | | R (m) | Δ (°) | Le (m) | T (m) | Lc (m) |
|----------|-----------------|-------------|--------|------------|-----------|--------|--------------|--------|--------|--------|
| | Diseño (Vd) | Entrada | Salida | Entrada | Salida | | | | | |
| 4 A | 40 | 8 | 8 | 2+033,172 | 2+299,323 | 146,54 | 88°23'14,80 | 40 | 162,9 | 186,1 |
| Medio | 60 | 8 | 8 | 2+340 | 2+360 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 A | 40 | 8 | 8 | 2+413,11 | 2+656,411 | 152,01 | 76°37'43,16 | 40 | 140,45 | 163,3 |

| Curva N° | Velocidad(km/h) | Pendiente % | | Progresiva | | R (m) | Δ (°) | Le (m) | T (m) | Lc (m) |
|----------|-----------------|-------------|--------|------------|-----------|--------|--------------|--------|--------|--------|
| | Diseño (Vd) | Entrada | Salida | Entrada | Salida | | | | | |
| 6 A | 40 | 8 | 8 | 2+902,32 | 3+059,323 | 151,78 | 78°47'25,45 | 40 | 173,33 | 190,3 |
| Medio | 60 | 8 | 8 | 3+125 | 3+145,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 A | 40 | 8 | 8 | 3+224,47 | 3+400,145 | 158,36 | 80°43'68,69 | 40 | 171,86 | 192,3 |

Fuente: Planos Asbuilt proporcionas por la ABC

Sub tramo 2: Este sub tramo es una carretera de dos carriles indivisos y con dos sentidos con características similares al anterior de igual manera de pendiente

ascendente, se encuentra en la Concha – El túnel, entre las progresivas 3+800 y 4+300, con una distancia de 500 m y una pendiente 7.34%.

Esta carretera cuenta con una señalización completa, tanto la señalización horizontal como la vertical.

FIGURA 4 - 14: Fotografía sub tramo 2, La Concha – El túnel.



Fuente: Elaboración Propia.

El diseño geométrico de este sub tramo en estudio cuenta con arcenes y bermas de 0.85m con un ancho de carril de 3.65 m necesario para permitir el paso de vehículos sin ocasionar problemas en el tráfico y además por las características dadas de la zona que es una zona muy frecuentada por turismo ya que es una carretera que une con el norte de nuestro País.

Este Sub Tramo tiene 2 curvas sucesivas simples con radios de diferentes sentidos.

| Curva N° | Velocidad(km/h) | Pendiente % | | Progresiva | | R (m) | Δ (°) | Le (m) | T (m) | Lc (m) |
|----------|-----------------|-------------|--------|------------|-----------|-------|--------------|--------|--------|--------|
| | Diseño (Vd) | Entrada | Salida | Entrada | Salida | | | | | |
| PI 8 | 40 | 7,34 | 7,34 | 3+600,72 | 3+754,72 | 47 | 151°9'50 | 40 | 208,19 | 73,26 |
| PI 9 | 40 | 7,34 | 7,34 | 3+870 | 3+907,52 | 60,65 | 146°25'16 | 55 | 326,11 | 0 |
| PI 10 | 40 | 7,34 | 7,34 | 4+047,5 | 4+150,738 | 60 | 70°37'49 | 40 | 66,7 | 83,45 |

| Curva N° | Velocidad(km/h) | Pendiente % | | Progresiva | | R (m) | Δ (°) | Le (m) | T (m) | Lc (m) |
|----------|-----------------|-------------|--------|------------|-----------|--------|--------------|--------|--------|--------|
| | Diseño (Vd) | Entrada | Salida | Entrada | Salida | | | | | |
| 17 A | 40 | 7,34 | 7,34 | 4+154,154 | 4+189,425 | 176,54 | 86°34'57,70 | 40 | 197,45 | 234,6 |
| Medio | 60 | 7,34 | 7,34 | 4+230 | 4+250 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 A | 40 | 7,34 | 7,34 | 4+287,214 | 4+300,124 | 194,26 | 93°67'83,65 | 40 | 184,35 | 249,6 |

Fuente: Planos Asbuilt proporcionas por la ABC

Sub tramo 3: Este sub tramo es una carretera de dos carriles indivisos y con dos sentidos con características similares al anterior sub tramo, Concha – El túnel, entre las progresivas 4+800 y 6+200, con una distancia de 1400 m y una pendiente 7.99%.

Esta carretera cuenta con una señalización completa, tanto la señalización horizontal como la vertical. Cuenta con una velocidad de diseño de 60 km/h en zonas planas y 40km/h en terreno montañoso, el Tipo de carretera tiene una Categoría: A.

FIGURA 4 - 15: Fotografía sub tramo 3, La Concha – El túnel.



Fuente: Elaboración Propia.

El diseño geométrico de este sub tramo en estudio cuenta con arcenes y bermas de 0.85m con un ancho de carril de 3.65 m necesario para permitir el paso de vehículos sin ocasionar problemas en el tráfico y además por las características dadas de la zona que es una zona muy frecuentada por turismo ya que es una carretera que une con el norte de nuestro País.

Este Sub Tramo tiene 3 curvas sucesivas simples con radios de diferentes sentidos.

| Curva N° | Velocidad(km/h) | Pendiente % | | Progresiva | | R (m) | Δ (°) | Le (m) | T (m) | Lc (m) |
|----------|-----------------|-------------|--------|------------|-----------|--------|--------------|--------|--------|--------|
| | Diseño (Vd) | Entrada | Salida | Entrada | Salida | | | | | |
| 20 A | 40 | 7,99 | 7,99 | 4+804,356 | 4+989,425 | 174,33 | 94°85°76,35 | 40 | 183,55 | 227,3 |
| Medio | 60 | 7,99 | 7,99 | 5+158,255 | 5+181,389 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 A | 40 | 7,99 | 7,99 | 5+210,365 | 5+310,547 | 169,26 | 87°68°43,16 | 40 | 197,33 | 241,3 |

| Curva N° | Velocidad(km/h) | Pendiente % | | Progresiva | | R (m) | Δ (°) | Le (m) | T (m) | Lc (m) |
|----------|-----------------|-------------|--------|------------|-----------|--------|--------------|--------|--------|--------|
| | Diseño (Vd) | Entrada | Salida | Entrada | Salida | | | | | |
| 26 A | 40 | 7,99 | 7,99 | 5+214,356 | 5+279,349 | 175,27 | 81°67°79,57 | 40 | 194,35 | 231,2 |
| Medio | 60 | 7,99 | 7,99 | 5+350 | 5+375 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 A | 40 | 7,99 | 7,99 | 5+498,326 | 5+514,369 | 181,24 | 87°64°84,38 | 40 | 216,44 | 245,4 |

| Curva N° | Velocidad(km/h) | Pendiente % | | Progresiva | | R (m) | Δ (°) | Le (m) | T (m) | Lc (m) |
|----------|-----------------|-------------|--------|------------|-----------|--------|--------------|--------|--------|--------|
| | Diseño (Vd) | Entrada | Salida | Entrada | Salida | | | | | |
| 15 A | 40 | 7,99 | 7,99 | 5+700,214 | 5+785,326 | 167,26 | 74°91°27,58 | 40 | 184,33 | 197,3 |
| Medio | 60 | 7,99 | 7,99 | 5+890,487 | 5+967,214 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 A | 40 | 7,99 | 7,99 | 6+049,894 | 6+179,365 | 189,33 | 79°84°64,24 | 40 | 194,25 | 208,3 |

Fuente: Planos Asbuilt proporcionas por la ABC

1.3 INVENTARIACION DE PENDIENTES EN EL TRAMO.

Inventariado de pendientes en el tramo El Aguarague.

En el tramo el Aguarague se ubicaron tres sub tramos el primero se encuentra ubicado en el tramo Carapari – El Aguarague, entre las progresivas 16+500 y 16+000, el segundo sub tramo queda en el tramo Ojo de Agua – El Aguarague, entre las progresivas 7+200 – 6+500, el tercer sub tramo de igual manera se encuentra ubicado en el tramo Ojo de Agua – El Aguarague, entre las progresivas 6+400 – 5+800.

Para estos sub tramos se seleccionaron las pendientes más elevados estas fueron entre los 5 y el 10 %, estos sub tramos fueron seleccionados de manera estratégico tomando en cuenta lugares visibles para poder observar el comportamiento de los vehículos en todo el sub tramo, estos sub tramos se encuentran en zonas montañosas.

En la tabla 4-1. Se muestra la inventariación de pendientes en los diferentes puntos de los sub tramos.

TABLA 4 - 1: Inventariación de pendientes en el tramo El Aguarague para el aforo del tráfico vehicular

| PUNTOS | UBICACIÓN | SENTIDO | PROGRESIVA | PENDIENTE % |
|---------|-----------------------------|-------------|------------|-------------|
| PUNTO 1 | Carapari - El Aguarague. | Ascendente. | 16+500 | 6,35 |
| PUNTO 2 | Carapari - El Aguarague. | Ascendente. | 16+000 | 6,35 |
| PUNTO 3 | Ojo de Agua - El aguarague. | Ascendente. | 7+200 | 8,25 |
| PUNTO 4 | Ojo de Agua - El aguarague. | Ascendente. | 6+500 | 8,25 |
| PUNTO 5 | Ojo de Agua - El aguarague. | Ascendente. | 6+400 | 9 |
| PUNTO 6 | Ojo de Agua - El aguarague. | Ascendente. | 5+800 | 9 |

Fuente: Elaboración Propia.

Inventariado de pendientes en los sub tramo de La Falda La Queñua.

En el tramo de la Falda La Queñua, se ubicaron tres sub tramos todos ubicados dentro del tramo La Concha – El Túnel, el primero se encuentra entre las progresivas 2+600 y 3+400, el segundo sub tramo queda entre las progresivas 3+800 y 4+300, el tercer sub tramo de se encuentra ubicado entre las progresivas 4+800 – 6+200.

Para estos sub tramos se seleccionaron las pendientes más elevados estas fueron entre los 5 y el 10 %, estos sub tramos fueron seleccionados de manera estratégica tomando en cuenta lugares visibles para poder observar el comportamiento de los vehículos en todo el sub tramo, estos sub tramos se encuentran en zonas montañosas.

En la tabal 4-2. Se muestra la inventariarían de pendientes en los diferentes puntos de los sub tramos.

TABLA 4 - 2: Inventariacion de pendientes en el tramo La Falda la Queñua para el aforo del tráfico vehicular

| PUNTOS | UBICACIÓN | SENTIDO | PROGRESIVA | PENDIENTE % |
|---------------|-----------------------|----------------|-------------------|--------------------|
| PUNTO 1 | La Concha - El Tunel. | Ascendente. | 2+600 | 8 |
| PUNTO 2 | La Concha - El Tunel. | Ascendente. | 3+400 | 8 |
| PUNTO 3 | La Concha - El Tunel. | Ascendente. | 3+800 | 7,34 |
| PUNTO 4 | La Concha - El Tunel. | Ascendente. | 4+300 | 7,34 |
| PUNTO 5 | La Concha - El Tunel. | Ascendente. | 4+800 | 7,99 |
| PUNTO 6 | La Concha - El Tunel. | Ascendente. | 6+200 | 7,99 |

Fuente: Elaboración Propia.

1.3.1 RELEVAMIENTO DE SUB TRAMOS POR TIPO DE PENDIENTE.

Relevamiento de sub tramos por tipo de pendiente del Aguarague.

El relevamiento de los sub tramos del Aguarague para el aforo de las velocidades por pendiente y según la distancia se muestran en la tabla 4-3.

TABLA 4 - 3: Relevamiento para la velocidad en pendientes del tramo El Aguarague para aforo de velocidades

| TRAMO | UBICACIÓN | SENTIDO | PROGRESIVAS | DISTANCIA (m) | PENDIENTE % |
|---------|-----------------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|
| TRAMO 1 | Carapari - El Aguarague. | Ascendente. | 16+500 - 16+000 | 500 | 6,35 |
| TRAMO 2 | Ojo de Agua - El aguarague. | Ascendente. | 7+200 - 6+500 | 700 | 8,25 |
| TRAMO 3 | Ojo de Agua - El aguarague. | Ascendente. | 6+400 - 5+800 | 600 | 9 |

Fuente: Elaboración Propia.

Relevamiento de sub tramos por tipo de pendiente de la Falda La Queñua.

El relevamiento de los sub tramos del Aguarague para el aforo de las velocidades por pendiente y según la distancia se muestran en la tabla 4-4.

TABLA 4 - 4: Relevamiento para la velocidad en pendientes del tramo La Falda la Queñua para aforo de velocidades

| TRAMO | UBICACIÓN | SENTIDO | PROGRESIVAS | DISTANCIA (m) | PENDIENTE % |
|---------|-----------------------|-------------|---------------|---------------|-------------|
| TRAMO 1 | La Concha - El Tunel. | Ascendente. | 2+600 - 3+400 | 800 | 8 |
| TRAMO 2 | La Concha - El Tunel. | Ascendente. | 3+800 - 4+300 | 500 | 7,34 |
| TRAMO 3 | La Concha - El Tunel. | Ascendente. | 4+800 - 6+200 | 1400 | 7,99 |

Fuente: Elaboración Propia.

1.4 ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL TRÁFICO PESADO.

1.4.1 CON RESPECTO A VELOCIDADES.

1.4.1.1 AFORO DE VELOCIDADES EN SUB TRAMOS

Aforo de velocidades en sub tramos en el Aguarague.- EL aforo de las velocidades del sub tramo 1 que está ubicado en el sentido Carapari- el Aguarague, de los 7 días de la semana.

Sub tramo 1: Promedio de cada día de la semana de velocidades aforadas en el transcurso de un día en condiciones normales sin presencia de vehículos pesados.

TABLA 4 - 5: Promedio de cada día de la semana de velocidades aforadas en condiciones normales del sub tramo 1 del Aguarague.

| VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) "EL AGUARAGUE" | | | | |
|---|-----------|------------------|----------------|-------------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO NORMAL (s) |
| TRAMO 1 | Lunes | 60,21 | 0,21 | 12,81 |
| | Martes | 58,77 | 0,23 | 13,94 |
| | Miercoles | 57,68 | 0,26 | 16,30 |
| | Jueves | 60,57 | 0,18 | 10,80 |
| | Viernes | 58,85 | 0,24 | 14,72 |
| | Sabado | 61,77 | 0,22 | 12,79 |
| | Domingo | 62,68 | 0,20 | 11,73 |

Fuente: Elaboración Propia.

Sub tramo 1: Promedio de cada día de la semana de velocidades aforadas en el transcurso de un día afectadas por la presencia de vehículos pesados.

TABLA 4 - 6: Promedio la semana de velocidades del sub tramo 1 aforadas afectadas por la presencia de vehículos pesados del Aguarague.

| VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS "EL AGUARAGUE" | | | | |
|--|-----------|------------------|----------------|------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 1 | Lunes | 34,28 | 0,21 | 22,52 |
| | Martes | 36,38 | 0,23 | 22,47 |
| | Miercoles | 37,25 | 0,26 | 25,77 |
| | Jueves | 34,06 | 0,18 | 19,13 |
| | Viernes | 33,68 | 0,24 | 25,69 |
| | Sabado | 37,17 | 0,22 | 21,76 |
| | Domingo | 38,03 | 0,20 | 19,80 |

Fuente: Elaboración Propia.

EL aforo de las velocidades del sub tramo 2 que está ubicado en el sentido Ojo de Agua - el Aguarague, de los 7 días de la semana.

Sub tramo 2: Promedio de cada día de la semana de velocidades aforadas en el transcurso de un día en condiciones normales sin presencia de vehículos pesados.

TABLA 4 - 7: Promedio de cada día de la semana de velocidades aforadas en condiciones normales del sub tramo 2 del Aguarague.

| VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) "EL AGUARAGUE" | | | | |
|---|-----------|------------------|----------------|-------------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO NORMAL (s) |
| SUB TRAMO 2 | Lunes | 52,46 | 0,31 | 21,13 |
| | Martes | 53,77 | 0,36 | 23,96 |
| | Miercoles | 52,72 | 0,33 | 22,46 |
| | Jueves | 53,81 | 0,31 | 20,53 |
| | Viernes | 52,64 | 0,30 | 20,33 |
| | Sabado | 54,37 | 0,27 | 18,11 |
| | Domingo | 53,59 | 0,22 | 14,55 |

Fuente: Elaboración Propia.

Sub tramo 2: Promedio de cada día de la semana de velocidades aforadas en el transcurso de un día afectadas por la presencia de vehículos pesados.

TABLA 4 - 8: Promedio la semana de velocidades del sub tramo 2 aforadas afectadas por la presencia de vehículos pesados del Aguarague.

| VELOCIDADES PROMEDIO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS "EL AGUARAGUE" | | | | |
|---|-----------|------------------|----------------|------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 2 | Lunes | 24,35 | 0,31 | 45,78 |
| | Martes | 25,33 | 0,36 | 50,33 |
| | Miercoles | 23,92 | 0,33 | 48,86 |
| | Jueves | 24,54 | 0,31 | 44,07 |
| | Viernes | 23,97 | 0,30 | 45,16 |
| | Sabado | 25,26 | 0,27 | 38,58 |
| | Domingo | 24,41 | 0,22 | 31,38 |

Fuente: Elaboración Propia.

EL aforo de las velocidades del sub tramo 3 que está ubicado en el sentido Ojo de Agua - el Aguarague, de los 7 días de la semana.

Sub tramo 3: Promedio de cada día de la semana de velocidades aforadas en el transcurso de un día en condiciones normales sin presencia de vehículos pesados.

TABLA 4 - 9: Promedio de cada día de la semana de velocidades aforadas en condiciones normales del sub tramo 3 del Aguarague.

| VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) "EL AGUARAGUE" | | | | |
|---|-----------|------------------|----------------|-------------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO NORMAL (s) |
| SUB TRAMO 3 | Lunes | 49,66 | 0,28 | 20,44 |
| | Martes | 51,32 | 0,25 | 17,80 |
| | Miercoles | 51,09 | 0,28 | 19,48 |
| | Jueves | 48,79 | 0,30 | 21,98 |
| | Viernes | 48,39 | 0,27 | 19,90 |
| | Sabado | 51,82 | 0,21 | 14,53 |
| | Domingo | 52,32 | 0,27 | 18,73 |

Fuente: Elaboración Propia.

Sub tramo 3: Promedio de cada día de la semana de velocidades aforadas en el transcurso de un día afectadas por la presencia de vehículos pesados.

TABLA 4 - 10: Promedio la semana de velocidades del sub tramo 3 aforadas afectadas por la presencia de vehículos pesados del Aguarague.

| VELOCIDADES PROMEDIO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS "EL AGUARAGUE" | | | | |
|---|-----------|------------------|----------------|------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 3 | Lunes | 18,96 | 0,28 | 52,11 |
| | Martes | 19,92 | 0,25 | 43,70 |
| | Miercoles | 20,75 | 0,28 | 48,77 |
| | Jueves | 18,67 | 0,30 | 57,51 |
| | Viernes | 18,03 | 0,27 | 53,18 |
| | Sabado | 19,18 | 0,21 | 37,68 |
| | Domingo | 19,48 | 0,27 | 49,16 |

Fuente: Elaboración Propia.

Aforo de velocidades en sub tramos en la Falda La Queñua.- EL aforo de las velocidades del sub tramo 1 que está ubicado en el sentido hacia el túnel de los 7 días de la semana.

Sub tramo 1: Promedio de cada día de la semana de velocidades aforadas en el transcurso de un día en condiciones normales sin presencia de vehículos pesados.

TABLA 4 - 11: Promedio de cada día de la semana de velocidades aforadas en condiciones normales del sub tramo 1 de la Falda la Queñua.

| VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) "LA FALDA LA QUEÑUA" | | | | |
|--|-----------|------------------|----------------|-------------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO NORMAL (s) |
| SUB TRAMO 1 | Lunes | 35,39 | 0,27 | 27,74 |
| | Martes | 36,90 | 0,35 | 34,43 |
| | Miercoles | 36,91 | 0,36 | 35,06 |
| | Jueves | 36,15 | 0,28 | 28,05 |
| | Viernes | 35,03 | 0,39 | 40,46 |
| | Sabado | 37,40 | 0,34 | 33,11 |
| | Domingo | 38,86 | 0,32 | 29,80 |

Fuente: Elaboración Propia.

Sub tramo 1: Promedio de cada día de la semana de velocidades aforadas en el transcurso de un día afectadas por la presencia de vehículos pesados.

TABLA 4 - 12: Promedio la semana de velocidades del sub tramo 1 aforadas afectadas por la presencia de vehículos pesados de la Falda la Queñua.

| VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS "LA FALDA LA QUEÑUA" | | | | |
|---|-----------|------------------|----------------|------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 1 | Lunes | 17,79 | 0,27 | 54,12 |
| | Martes | 18,39 | 0,35 | 67,52 |
| | Miercoles | 19,10 | 0,36 | 66,32 |
| | Jueves | 18,70 | 0,28 | 52,33 |
| | Viernes | 17,31 | 0,39 | 79,51 |
| | Sabado | 19,11 | 0,34 | 63,80 |
| | Domingo | 21,00 | 0,32 | 53,34 |

Fuente: Elaboración Propia.

EL aforo de las velocidades del sub tramo 2 que está ubicado en el sentido hacia el túnel de los 7 días de la semana.

Sub tramo 2: Promedio de cada día de la semana de velocidades aforadas en el transcurso de un día en condiciones normales sin presencia de vehículos pesados.

TABLA 4 - 13: Promedio de cada día de la semana de velocidades aforadas en condiciones normales del sub tramo 2 de la Falda la Queñua.

| VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) "LA FALDA LA QUEÑUA" | | | | |
|--|-----------|------------------|----------------|-------------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO NORMAL (s) |
| TRAMO 2 | Lunes | 43,95 | 0,23 | 19,23 |
| | Martes | 46,35 | 0,27 | 20,70 |
| | Miercoles | 45,88 | 0,27 | 21,47 |
| | Jueves | 45,46 | 0,27 | 21,26 |
| | Viernes | 42,94 | 0,26 | 22,06 |
| | Sabado | 47,04 | 0,30 | 22,61 |
| | Domingo | 49,21 | 0,24 | 17,56 |

Fuente: Elaboración Propia.

Sub tramo 2: Promedio de cada día de la semana de velocidades aforadas en el transcurso de un día afectadas por la presencia de vehículos pesados.

TABLA 4 - 14: Promedio la semana de velocidades del sub tramo 1 aforadas afectadas por la presencia de vehículos pesados de la Falda la Queñua.

| VELOCIDADES DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS "LA FALDA LAQUEÑUA" | | | | |
|--|-----------|------------------|----------------|------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 2 | Lunes | 23,93 | 0,23 | 32,47 |
| | Martes | 25,48 | 0,27 | 35,62 |
| | Miercoles | 28,10 | 0,27 | 33,32 |
| | Jueves | 30,04 | 0,27 | 32,02 |
| | Viernes | 23,40 | 0,26 | 39,08 |
| | Sabado | 25,90 | 0,30 | 39,51 |
| | Domingo | 26,95 | 0,24 | 32,28 |

Fuente: Elaboración Propia.

EL aforo de las velocidades del sub tramo 3 que está ubicado en el sentido hacia el túnel de los 7 días de la semana.

Sub tramo 3: Promedio de cada día de la semana de velocidades aforadas en el transcurso de un día en condiciones normales sin presencia de vehículos pesados.

TABLA 4 - 15: Promedio de cada día de la semana de velocidades aforadas en condiciones normales del sub tramo 3 de la Falda la Queñua.

| VELOCIDADES DE VEHICULOS LIVIANOS QUE CIRCULAN EN CONDICIONES NORMALES "LA FALDA LAQUEÑUA" | | | | |
|--|-----------|------------------|----------------|-------------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO NORMAL (s) |
| SUB TRAMO 3 | Lunes | 37,18 | 0,60 | 57,87 |
| | Martes | 40,37 | 0,57 | 50,61 |
| | Miercoles | 37,16 | 0,55 | 53,29 |
| | Jueves | 38,07 | 0,56 | 53,19 |
| | Viernes | 38,18 | 0,57 | 53,93 |
| | Sabado | 37,76 | 0,52 | 49,40 |
| | Domingo | 36,87 | 0,54 | 52,24 |

Fuente: Elaboración Propia.

Sub tramo 3: Promedio de cada día de la semana de velocidades aforadas en el transcurso de un día afectadas por la presencia de vehículos pesados.

TABLA 4 - 16: Promedio la semana de velocidades del sub tramo 3 aforadas afectadas por la presencia de vehículos pesados de la Falda la Queñua.

| VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS "LA FALDA LA QUEÑUA" | | | | |
|--|-----------|------------------|----------------|------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 2 | Lunes | 26,43 | 0,23 | 30,22 |
| | Martes | 28,39 | 0,27 | 33,50 |
| | Miercoles | 31,03 | 0,27 | 31,82 |
| | Jueves | 32,79 | 0,27 | 30,02 |
| | Viernes | 26,81 | 0,26 | 35,02 |
| | Sabado | 28,22 | 0,30 | 37,42 |
| | Domingo | 30,96 | 0,24 | 27,48 |

Fuente: Elaboración Propia.

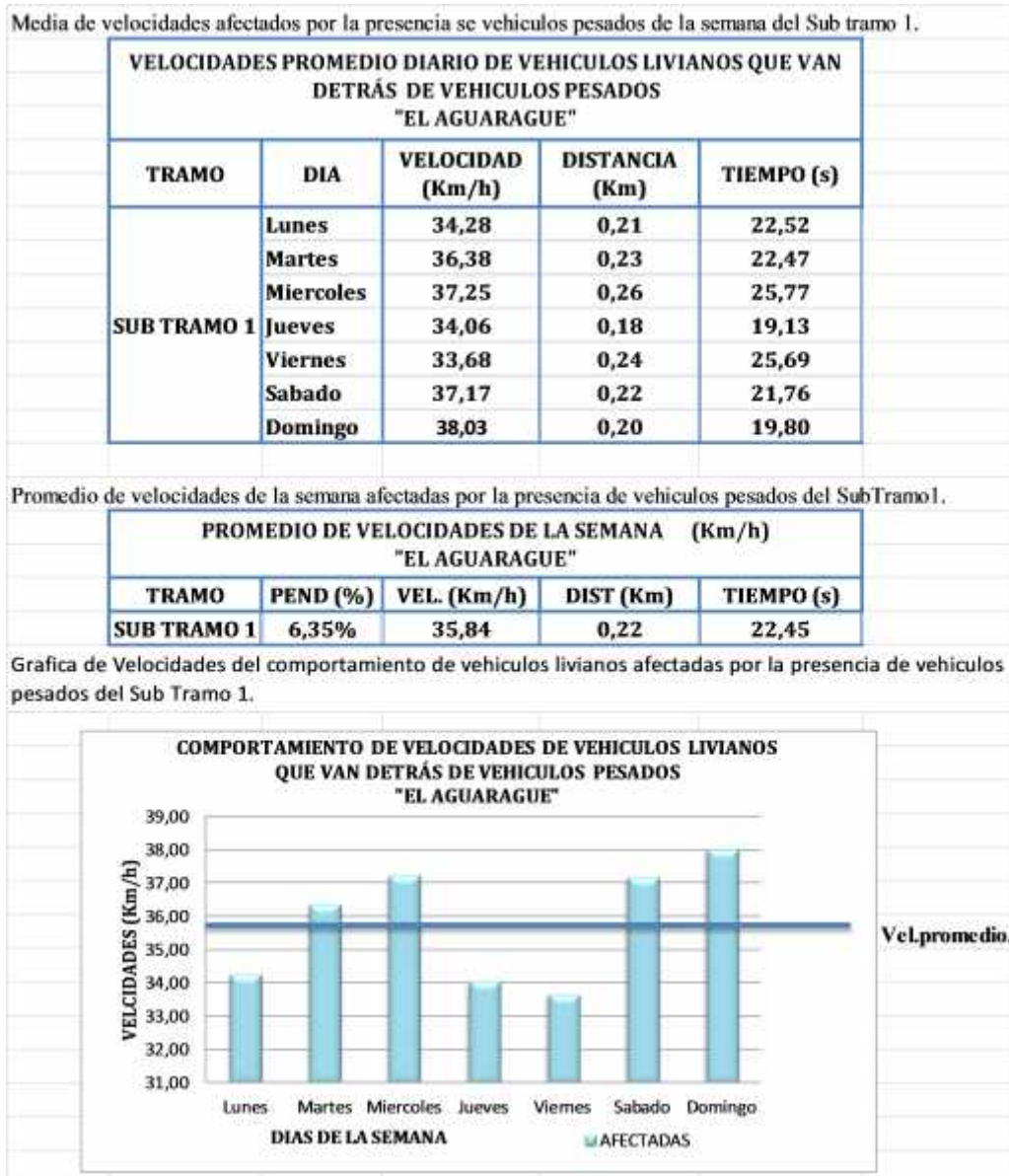
1.4.1.2 RESULTADOS DE VELOCIDADES EN SUB TRAMOS.

Resultados de velocidades en sub tramos del Aguarague.

Los Resultados de velocidades en sub tramos del Aguarague.

Sub tramo 1, este tiene un sentido Carapari – El Aguarague, entre las progresivas 16+500 – 16+000.

TABLA 4 - 17: Los Resultados de velocidades afectadas por presencia de vehículos pesados del sub tramo 1 del Aguarague.



Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 18: Los Resultados de velocidades en condiciones normales del sub tramo 1 del Aguarague.

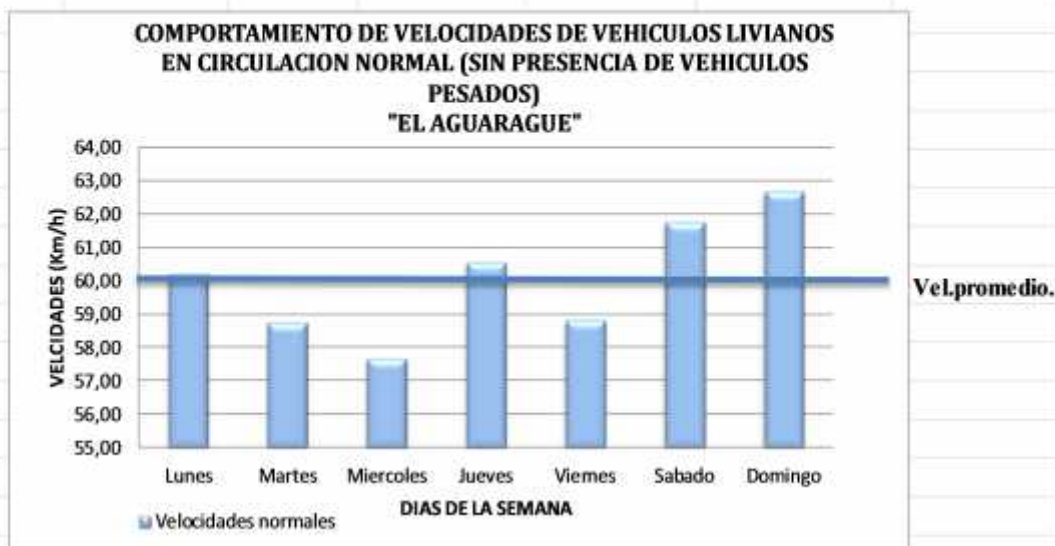
Media de velocidades que circulan en condiciones normales sin presencia de vehiculos pesados del sub tramo 1.

| VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) "EL AGUARAGUE" | | | | |
|---|-----------|------------------|----------------|-------------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO NORMAL (s) |
| TRAMO 1 | Lunes | 60,21 | 0,21 | 12,81 |
| | Martes | 58,77 | 0,23 | 13,94 |
| | Miercoles | 57,68 | 0,26 | 16,30 |
| | Jueves | 60,57 | 0,18 | 10,80 |
| | Viernes | 58,85 | 0,24 | 14,72 |
| | Sabado | 61,77 | 0,22 | 12,79 |
| | Domingo | 62,68 | 0,20 | 11,73 |

Promedio de velocidades de circulacion normal la semana sin presencia de vehiculos pesados del Sub Tramo I.

| PROMEDIO DE VELOCIDADES NORMALES DE LA SEMANA "EL AGUARAGUE" | | | | |
|--|----------|-------------|-----------|------------|
| TRAMO | PEND (%) | VEL. (Km/h) | DIST (Km) | TIEMPO (s) |
| TRAMO 1 | 6,35% | 60,08 | 0,22 | 13,30 |

Grafica de Velocidades del comportamiento de vehiculos livianos que circulan sin la presencia de vehiculos pesados del Sub Tramo 1.



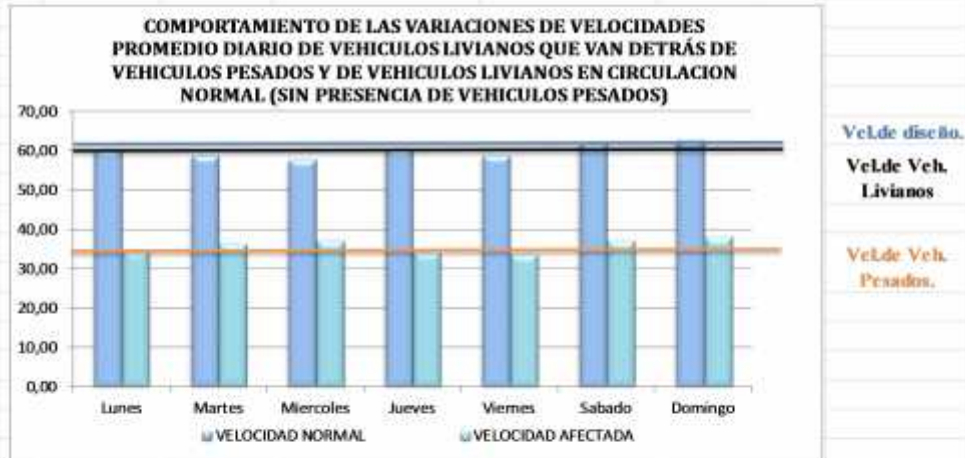
Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 19: Los Resultados de Variaciones de velocidades normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 1 del Aguaraque.

Variaciones existentes de las velocidades de vehículos livianos que circulan en condiciones normales y velocidades afectadas por la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 1.

| VARIACIONES DE VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS Y DE VEHICULOS LIVIANOS EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) | | | | | |
|---|---------------|--------|---|---|-----------------------------------|
| TRAMO | TIEMPO (DIAS) | PEN. % | VELOCIDAD EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) (Km/h) | VELOCIDADES DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS(Km/h) | VARIACIONES DE VELOCIDADES (Km/h) |
| SUB TRAMO 1 | Lunes | 6,35% | 60,21 | 34,28 | 25,93 |
| | Martes | 6,35% | 58,77 | 36,38 | 22,38 |
| | Miercoles | 6,35% | 57,68 | 37,25 | 20,44 |
| | Jueves | 6,35% | 60,57 | 34,06 | 26,52 |
| | Viernes | 6,35% | 58,85 | 33,68 | 25,17 |
| | Sabado | 6,35% | 61,77 | 37,17 | 24,60 |
| | Domingo | 6,35% | 62,68 | 38,03 | 24,65 |
| | PROMEDIO | | | 60,08 | 35,84 |

Grafica comparativas de Velocidades que existen en condiciones normales y las velocidades que son afectadas debido a la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 1.



Grafica de las Variaciones de Velocidades que existen en condiciones normales y las velocidades que son afectadas debido a la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 1.



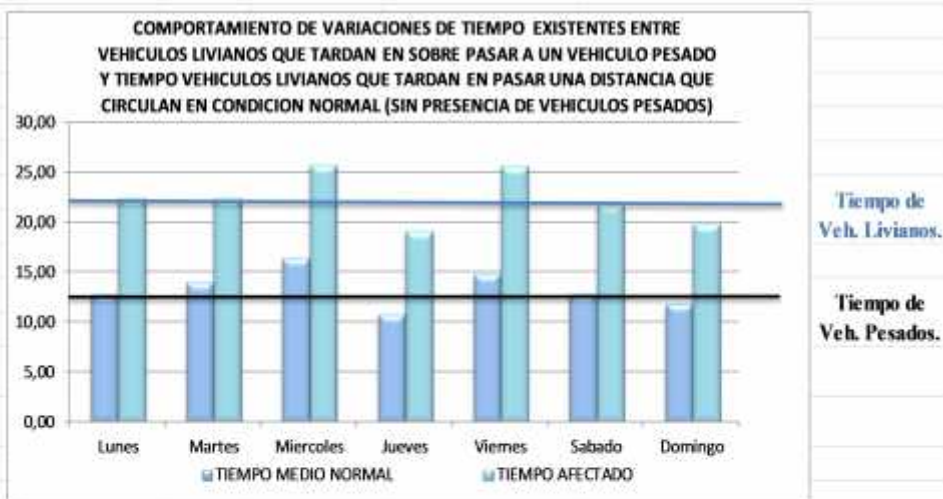
Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 20: Los Resultados de Variaciones de tiempos en condiciones normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 1 del Aguarague.

Variaciones existentes de Tiempos de vehículos livianos que circulan en condiciones normales y de Tiempos afectadas por la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 1.

| VARIACIONES DE TIEMPO EXISTENTES ENTRE VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN SOBRE PASAR A UN VEHICULO PESADO Y TIEMPO VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN PASAR UNA DISTANCIA QUE CIRCULAN EN CONDICION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) | | | | | | |
|--|-----------|--------|----------------------|---|--|---------------------------|
| TRAMO | (DIAS) | PEN. % | DISTANCIA TRAMO (Km) | TIEMPO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN SOBRE PASAR A UN VEHICULO PESADO (s) | TIEMPO VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN PASAR UNA DISTANCIA QUE CIRCULAN EN CONDICION NORMAL (s) | VARIACIONES DE TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 1 | Lunes | 6,35% | 0,21 | 12,81 | 22,52 | 9,72 |
| | Martes | 6,35% | 0,23 | 13,94 | 22,47 | 8,53 |
| | Miercoles | 6,35% | 0,26 | 16,30 | 25,77 | 9,47 |
| | Jueves | 6,35% | 0,18 | 10,80 | 19,13 | 8,33 |
| | Viernes | 6,35% | 0,24 | 14,72 | 25,69 | 10,97 |
| | Sabado | 6,35% | 0,22 | 12,79 | 21,76 | 8,97 |
| | Domingo | 6,35% | 0,20 | 11,73 | 19,80 | 8,08 |
| PROMEDIO | | | 0,22 | 13,30 | 22,45 | 9,15 |

Grafica de las Variaciones de los Tiempos que existen en condiciones normales y los Tiempos que son afectadas debido a la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 1.



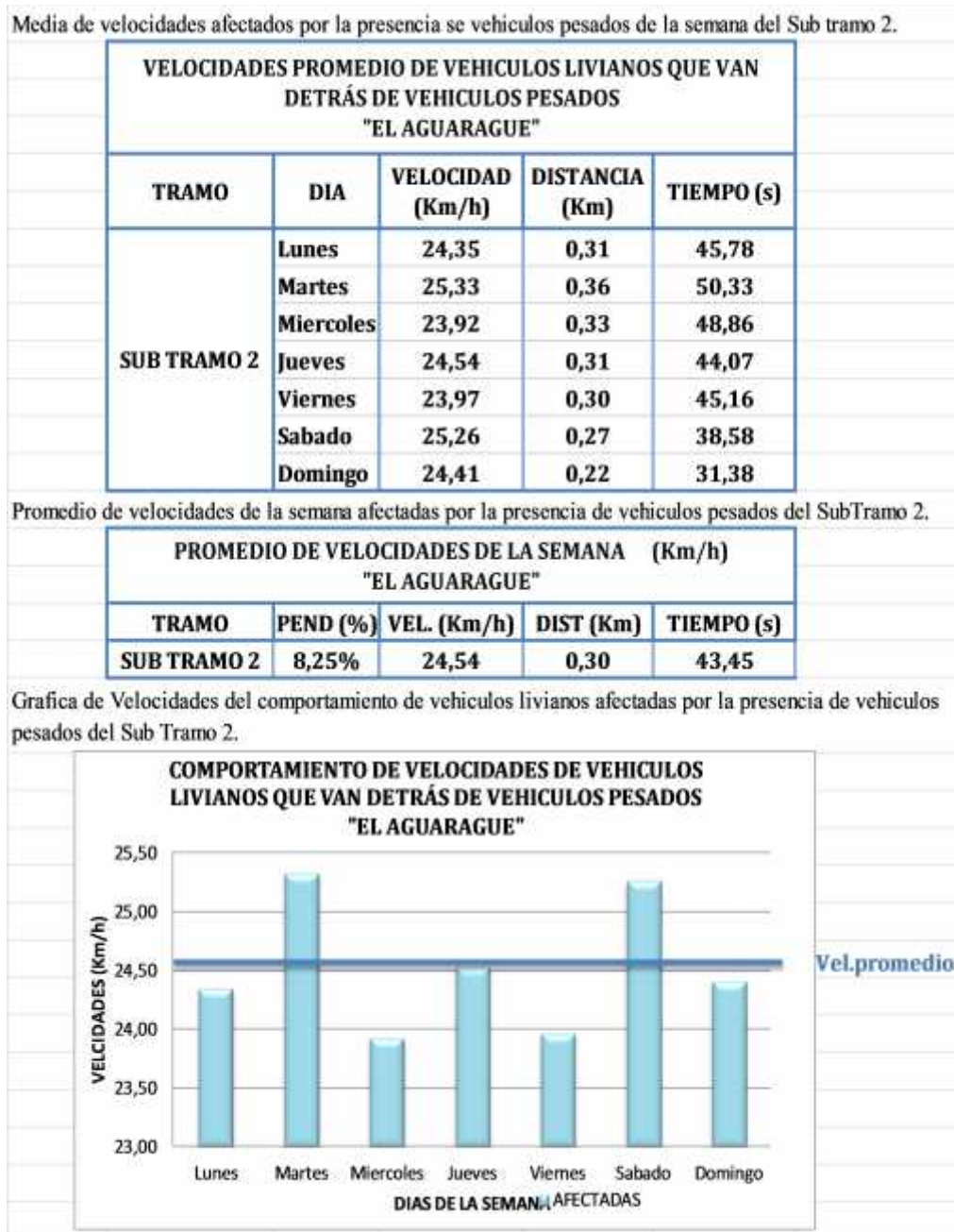
Planilla de Resultados de las Variaciones de las Velocidades y de los Tiempos promedios de toda la semana del Sub Tramo 1.

| VARIACIONES DE VELOCIDADES Y TIEMPO PROMEDIO SEMANAL DEL SUB TRAMO 1 "EL AGUARAGUE" | | | | |
|---|---------|-----------------|---------------------------------|--------------------|
| TRAMO | PEND. % | DIST. TRAMO(Km) | PROMEDIO VARIAC. DE VEL. (Km/h) | VARIAC. TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 1 | 6,35% | 0,22 | 24,55 | 9,15 |

Fuente: Elaboración Propia.

Los Resultados de velocidades del Aguarague de **Sub tramo 2**, este tiene un sentido Ojo de Agua – El Aguarague, este tiene un sentido Ascendente entre las progresivas 7+200 – 6+500.

TABLA 4 - 21: Los Resultados de velocidades afectadas por presencia de vehículos pesados del sub tramo 2 del Aguarague.



Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 22: Los Resultados de velocidades en condiciones normales del sub tramo 2 del Aguarague.

Media de velocidades que circulan en condiciones normales sin presencia de vehiculos pesados del sub tramo 2.

| VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) "EL AGUARAGUE" | | | | |
|---|-----------|------------------|----------------|-------------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO NORMAL (s) |
| SUB TRAMO 2 | Lunes | 52,46 | 0,31 | 21,13 |
| | Martes | 53,77 | 0,36 | 23,96 |
| | Miercoles | 52,72 | 0,33 | 22,46 |
| | Jueves | 53,81 | 0,31 | 20,53 |
| | Viernes | 52,64 | 0,30 | 20,33 |
| | Sabado | 54,37 | 0,27 | 18,11 |
| | Domingo | 53,59 | 0,22 | 14,55 |

Promedio de velocidades de circulacion normal la semana sin presencia de vehiculos pesados del Sub Tramo 2.

| PROMEDIO DE VELOCIDADES NORMALES DE LA SEMANA (Km/h) "LA FALDA LAQUEÑUA" | | | | |
|--|----------|-------------|-----------|------------|
| TRAMO | PEND (%) | VEL. (Km/h) | DIST (Km) | TIEMPO (S) |
| SUB TRAMO 2 | 8,25% | 53,34 | 0,30 | 20,15 |

Grafica de Velocidades del comportamiento de vehiculos livianos que circulan sin la presencia de vehiculos pesados del Sub Tramo 2.



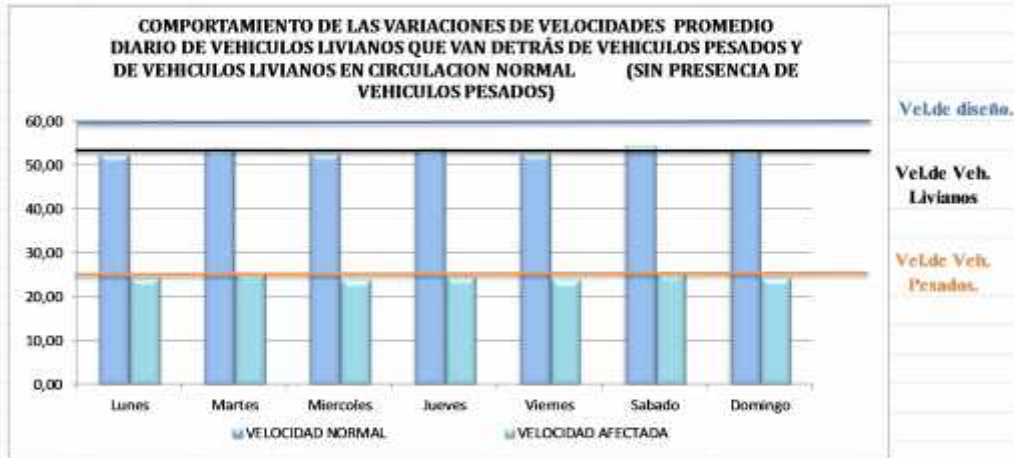
Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 23: Los Resultados de Variaciones de velocidades normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 2 del Aguaraque.

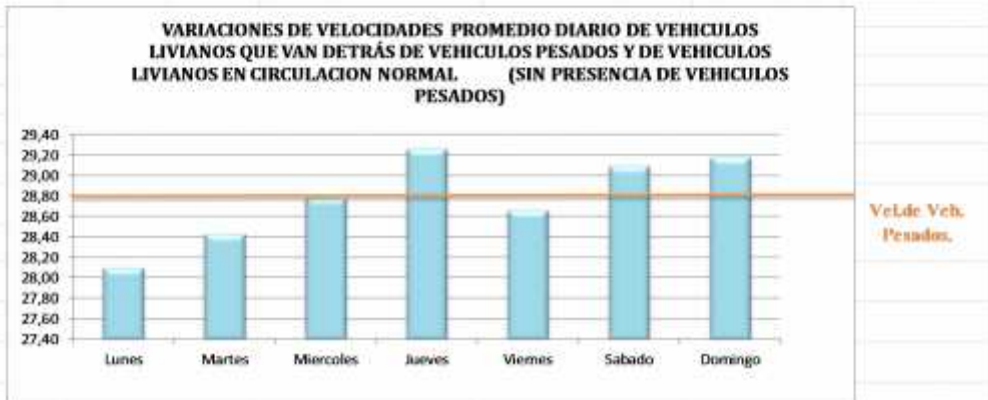
Variaciones existentes de las velocidades de vehículos livianos que circulan en condiciones normales y velocidades afectadas por la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 2.

| VARIACIONES DE VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS Y DE VEHICULOS LIVIANOS EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) | | | | | |
|---|---------------|--------|---|--|-----------------------------------|
| TRAMO | TIEMPO (DIAS) | PEN. % | VELOCIDAD EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) (Km/h) | VELOCIDADES DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS (Km/h) | VARIACIONES DE VELOCIDADES (Km/h) |
| SUB TRAMO 2 | Lunes | 8,25% | 52,46 | 24,35 | 28,11 |
| | Martes | 8,25% | 53,77 | 25,33 | 28,44 |
| | Miercoles | 8,25% | 52,72 | 23,92 | 28,79 |
| | Jueves | 8,25% | 53,81 | 24,54 | 29,27 |
| | Viernes | 8,25% | 52,64 | 23,97 | 28,67 |
| | Sabado | 8,25% | 54,37 | 25,26 | 29,10 |
| | Domingo | 8,25% | 53,59 | 24,41 | 29,19 |
| PROMEDIO | | | 53,34 | 24,54 | 28,80 |

Variaciones existentes de las velocidades de vehículos livianos que circulan en condiciones normales y velocidades afectadas por la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 1.



Grafica de las Variaciones de Velocidades que existen en condiciones normales y las velocidades que son afectadas debido a la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 2.



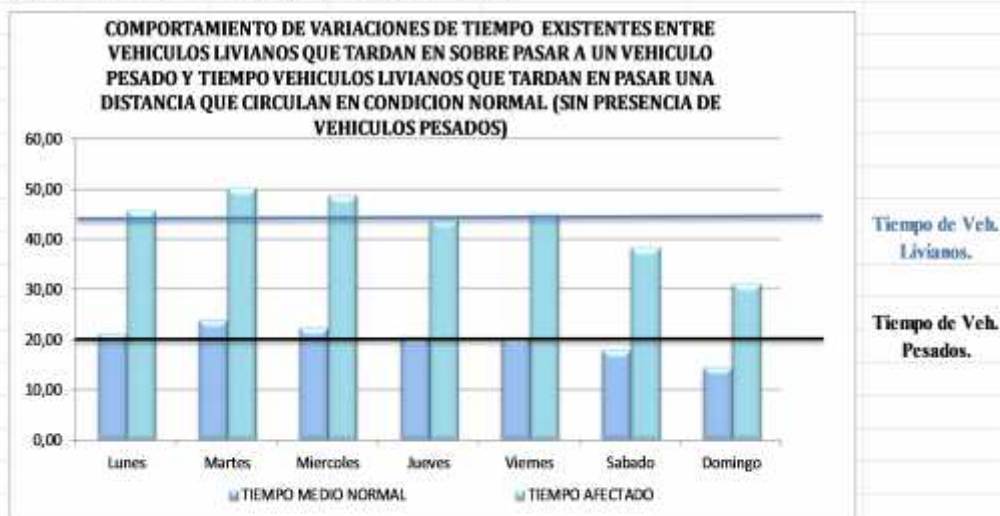
Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 24: Los Resultados de Variaciones de tiempos en condiciones normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 2 del Aguarague.

Variaciones existentes de Tiempos de vehículos livianos que circulan en condiciones normales y de Tiempos afectadas por la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 2.

| VARIACIONES DE TIEMPO EXISTENTES ENTRE VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN SOBRE PASAR A UN VEHICULO PESADO Y TIEMPO VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN PASAR UNA DISTANCIA QUE CIRCULAN EN CONDICION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) | | | | | | |
|--|-----------|--------|----------------------|---|--|---------------------------|
| TRAMO | (DIAS) | PEN. % | DISTANCIA TRAMO (Km) | TIEMPO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN SOBRE PASAR A UN VEHICULO PESADO (s) | TIEMPO VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN PASAR UNA DISTANCIA QUE CIRCULAN EN CONDICION NORMAL (s) | VARIACIONES DE TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 2 | Lunes | 8,25% | 0,31 | 21,13 | 45,78 | 24,65 |
| | Martes | 8,25% | 0,36 | 23,96 | 50,33 | 26,37 |
| | Miercoles | 8,25% | 0,33 | 22,46 | 48,86 | 26,39 |
| | Jueves | 8,25% | 0,31 | 20,53 | 44,07 | 23,54 |
| | Viernes | 8,25% | 0,30 | 20,33 | 45,16 | 24,83 |
| | Sabado | 8,25% | 0,27 | 18,11 | 38,58 | 20,46 |
| | Domingo | 8,25% | 0,22 | 14,55 | 31,38 | 16,82 |
| PROMEDIO | | | 0,30 | 20,15 | 43,45 | 23,29 |

Grafica de las Variaciones de los Tiempos que existen en condiciones normales y los Tiempos que son afectadas debido a la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 2.



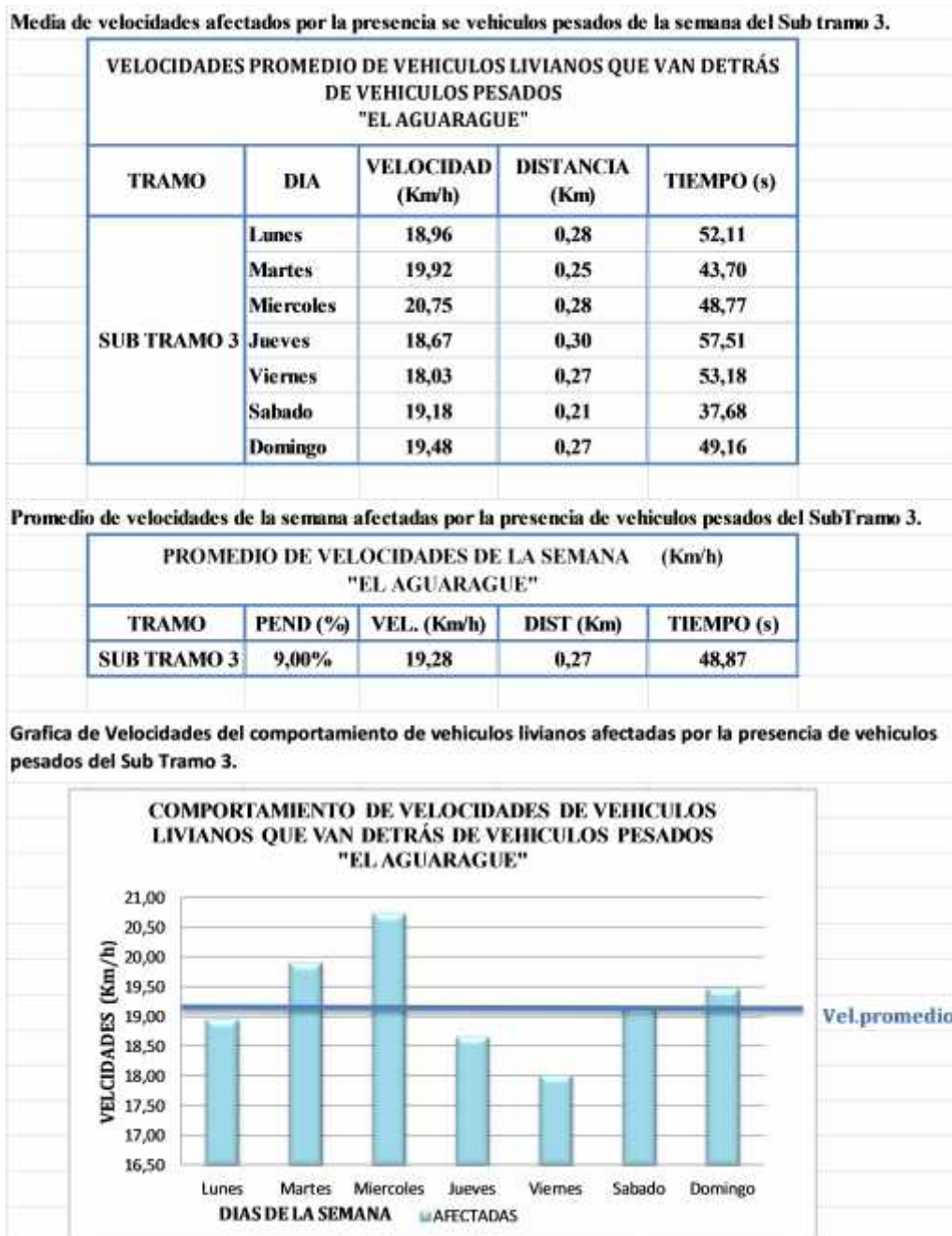
Planilla de Resultados de las Variaciones de las Velocidades y de los Tiempos promedios de toda la semana del Sub Tramo 2.

| VARIACIONES DE VELOCIDADES Y TIEMPO PROMEDIO SEMANAL DEL SUB TRAMO 2 "EL AGUARAGUE" | | | | |
|---|-------------|------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| TRAMO | PENDIENTE % | DIST. TRAMO (Km) | PROMEDIO VARIAC. DE VEL. (Km/h) | PROMEDIO DE VARIAC. TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 2 | 8,25% | 0,30 | 28,80 | 23,29 |

Fuente: Elaboración Propia.

Los Resultados de velocidades del Aguarague de **sub tramo 3**, este tiene un sentido Ojo de Agua, el Aguarague, este tiene un sentido Ascendente entre las progresivas 6+400 – 5+800.

TABLA 4 - 25: Los Resultados de velocidades afectadas por presencia de vehículos pesados del sub tramo 3 del Aguarague.



Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 26: Los Resultados de velocidades en condiciones normales del sub tramo 3 del Aguarague.

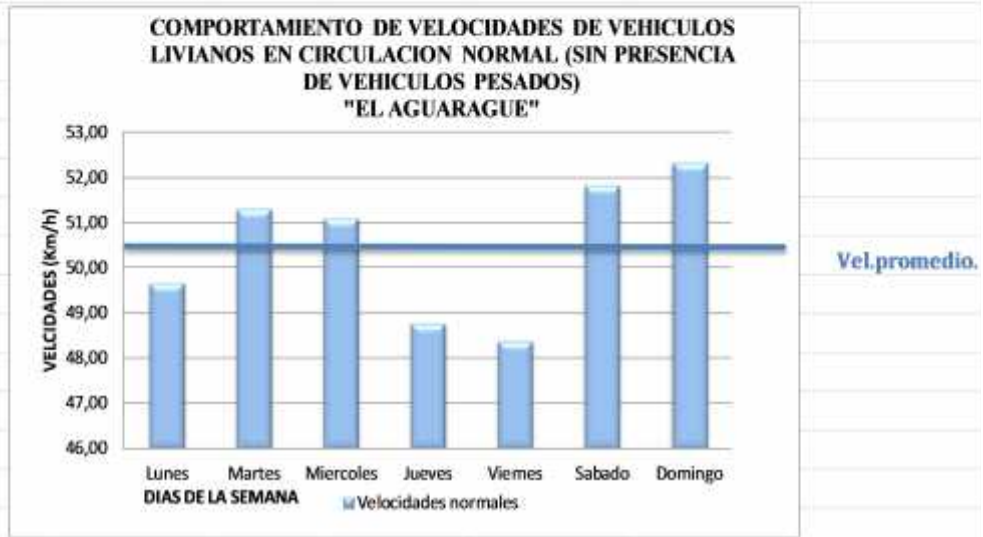
Media de velocidades que circulan en condiciones normales sin presencia de vehiculos pesados del sub tramo 3.

| VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) "EL AGUARAGUE" | | | | |
|---|-----------|------------------|----------------|-------------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO NORMAL (s) |
| SUB TRAMO 3 | Lunes | 49,66 | 0,28 | 20,44 |
| | Martes | 51,32 | 0,25 | 17,80 |
| | Miercoles | 51,09 | 0,28 | 19,48 |
| | Jueves | 48,79 | 0,30 | 21,98 |
| | Viernes | 48,39 | 0,27 | 19,90 |
| | Sabado | 51,82 | 0,21 | 14,53 |
| | Domingo | 52,32 | 0,27 | 18,73 |

Promedio de velocidades de circulacion normal la semana sin presencia de vehiculos pesados del Sub Tramo 3.

| PROMEDIO DE VELOCIDADES NORMALES DE LA SEMANA (Km/h) "EL AGUARAGUE" | | | | |
|---|----------|-------------|-----------|------------|
| TRAMO | PEND (%) | VEL. (Km/h) | DIST (Km) | TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 3 | 9,00% | 50,48 | 0,27 | 18,98 |

Grfica de Velocidades del comportamiento de vehiculos livianos que circulan sin la presencia de vehiculos pesados del Sub Tramo 3.



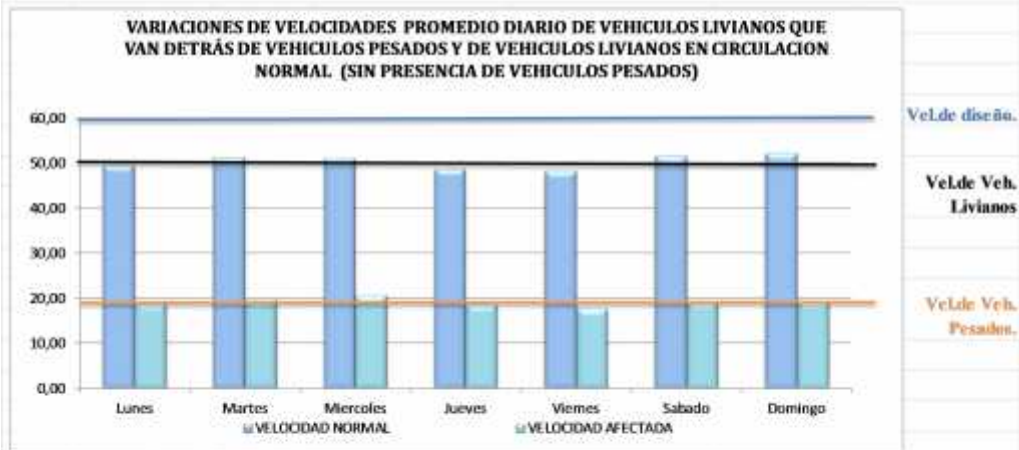
Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 27: Los Resultados de Variaciones de velocidades normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 3 del Aguaraque.

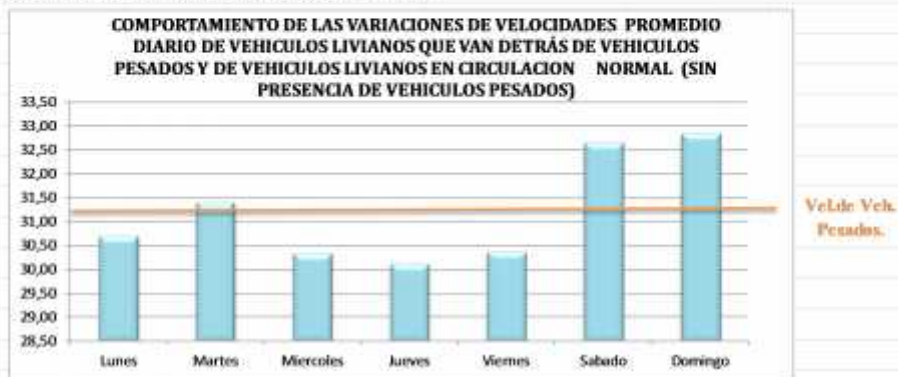
Variaciones existentes de las velocidades de vehículos livianos que circulan en condiciones normales y velocidades afectadas por la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 3.

| VARIACIONES DE VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS Y DE VEHICULOS LIVIANOS EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) | | | | | |
|---|---------------|--------|---|---|-----------------------------------|
| TRAMO | TIEMPO (DIAS) | PEN. % | VELOCIDAD EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) (Km/h) | VELOCIDADES DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS(Km/h) | VARIACIONES DE VELOCIDADES (Km/h) |
| SUB TRAMO 3 | Lunes | 9,00% | 49,66 | 18,96 | 30,70 |
| | Martes | 9,00% | 51,32 | 19,92 | 31,40 |
| | Miercoles | 9,00% | 51,09 | 20,75 | 30,34 |
| | Jueves | 9,00% | 48,79 | 18,67 | 30,11 |
| | Viernes | 9,00% | 48,39 | 18,03 | 30,37 |
| | Sabado | 9,00% | 51,82 | 19,18 | 32,64 |
| | Domingo | 9,00% | 52,32 | 19,48 | 32,84 |
| PROMEDIO | | | 50,48 | 19,28 | 31,20 |

Grafica de las Variaciones de Velocidades que existen en condiciones normales y las velocidades que son afectadas debido a la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 3,



Grafica de las Variaciones de Velocidades que existen en condiciones normales y las velocidades que son afectadas debido a la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 3.



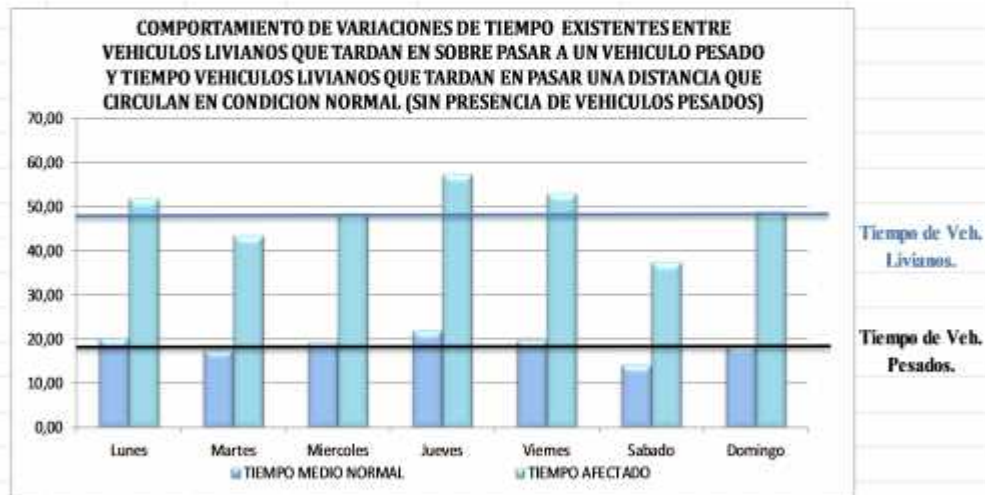
Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 28: Los Resultados de Variaciones de tiempos en condiciones normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 3 del Aguarague.

Variaciones existentes de Tiempos de vehículos livianos que circulan en condiciones normales y de Tiempos afectadas por la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 3.

| VARIACIONES DE TIEMPO EXISTENTES ENTRE VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN SOBREPASAR A UN VEHICULO PESADO Y TIEMPO VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN PASAR UNA DISTANCIA QUE CIRCULAN EN CONDICION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) | | | | | | |
|---|-----------|--------|----------------------|--|--|---------------------------|
| TRAMO | (DIAS) | PEN. % | DISTANCIA TRAMO (Km) | TIEMPO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN SOBREPASAR A UN VEHICULO PESADO (s) | TIEMPO VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN PASAR UNA DISTANCIA QUE CIRCULAN EN CONDICION NORMAL (s) | VARIACIONES DE TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 3 | Lunes | 9,00% | 0,28 | 20,44 | 52,11 | 31,68 |
| | Martes | 9,00% | 0,25 | 17,80 | 43,70 | 25,90 |
| | Miercoles | 9,00% | 0,28 | 19,48 | 48,77 | 29,28 |
| | Jueves | 9,00% | 0,30 | 21,98 | 57,51 | 35,53 |
| | Viernes | 9,00% | 0,27 | 19,90 | 53,18 | 33,28 |
| | Sabado | 9,00% | 0,21 | 14,53 | 37,68 | 23,15 |
| | Domingo | 9,00% | 0,27 | 18,73 | 49,16 | 30,43 |
| PROMEDIO | | | 0,27 | 18,98 | 48,87 | 29,89 |

Grafica de las Variaciones de los Tiempos que existen en condiciones normales y los Tiempos que son afectadas debido a la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 3.



Planilla de Resultados de las Variaciones de las Velocidades y de los Tiempos promedios de toda la semana del Sub Tramo 3.

| VARIACIONES DE VELOCIDADES Y TIEMPO PROMEDIO SEMANAL DEL SUB TRAMO 3 "EL AGUARAGUE" | | | | |
|---|-------------|------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| TRAMO | PENDIENTE % | DIST. TRAMO (Km) | PROMEDIO VARIACION DE VEL. (Km/h) | PROMEDIO DE VARIACION TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 3 | 9,00% | 0,27 | 31,20 | 29,89 |

Fuente: Elaboración Propia.

Resultados de velocidades en sub tramos de la falda la Queñua.

Resultados de velocidades en sub tramos de la Falda La Queñua, del **Sub Tramo 1**, este tiene un sentido Ascendente entre las progresivas 2+600 – 3+400.

TABLA 4 - 29: Los Resultados de velocidades afectadas por presencia de vehículos pesados del sub tramo 1 de la Falda La Queñua.

| Media de velocidades afectados por la presencia se vehiculos pesados de la semana del Sub tramo 1. | | | | |
|--|-----------|------------------|----------------|------------|
| VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS "LA FALDA LA QUEÑUA" | | | | |
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 1 | Lunes | 17,79 | 0,27 | 54,12 |
| | Martes | 18,39 | 0,35 | 67,52 |
| | Miercoles | 19,10 | 0,36 | 66,32 |
| | Jueves | 18,70 | 0,28 | 52,33 |
| | Viernes | 17,31 | 0,39 | 79,51 |
| | Sabado | 19,11 | 0,34 | 63,80 |
| | Domingo | 21,00 | 0,32 | 53,34 |

| Promedio de velocidades de la semana afectadas por la presencia de vehiculos pesados del SubTramo1. | | | | |
|---|----------|-------------|-----------|------------|
| PROMEDIO VELOCIDADES DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS "LA FALDA LAQUEÑUA" | | | | |
| TRAMO | PEND (%) | VEL. (Km/h) | DIST (Km) | TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 1 | 8,00% | 18,77 | 0,33 | 62,42 |

Gráfica de Velocidades del comportamiento de vehiculos livianos afectadas por la presencia de vehiculos pesados del Sub Tramo 1.

| DÍAS DE LA SEMANA | VELOCIDADES (Km/h) |
|-------------------|--------------------|
| Lunes | 17,79 |
| Martes | 18,39 |
| Miercoles | 19,10 |
| Jueves | 18,70 |
| Viernes | 17,31 |
| Sabado | 19,11 |
| Domingo | 21,00 |

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 30: Los Resultados de velocidades en condiciones normales del sub tramo 1 de la Falda La Queñua.

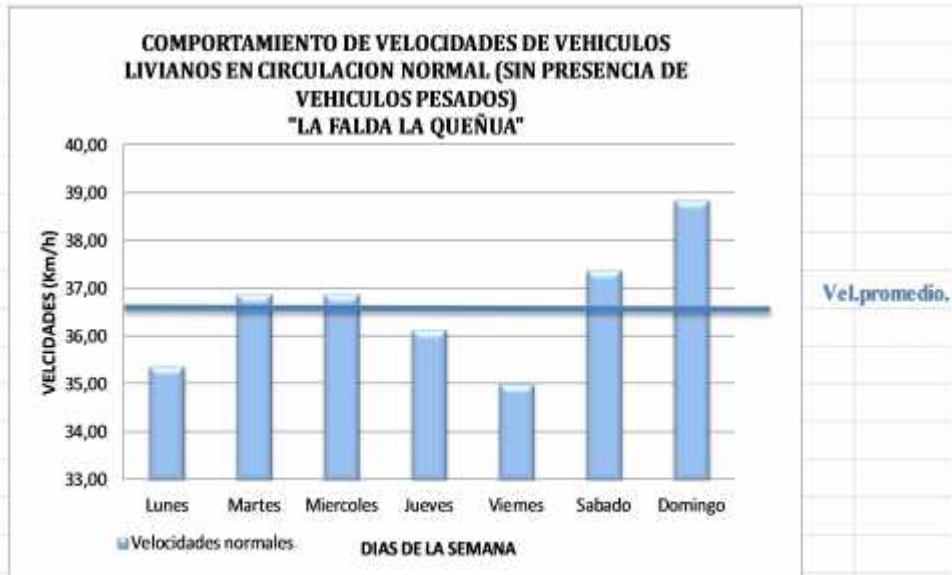
Media de velocidades que circulan en condiciones normales sin presencia de vehiculos pesados del sub tramo 1.

| VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) "LA FALDA LA QUEÑUA" | | | | |
|---|-----------|------------------|----------------|-------------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO NORMAL (s) |
| SUB TRAMO 1 | Lunes | 35,39 | 0,27 | 27,74 |
| | Martes | 36,90 | 0,35 | 34,43 |
| | Miercoles | 36,91 | 0,36 | 35,06 |
| | Jueves | 36,15 | 0,28 | 28,05 |
| | Viernes | 35,03 | 0,39 | 40,46 |
| | Sabado | 37,40 | 0,34 | 33,11 |
| | Domingo | 38,86 | 0,32 | 29,80 |

Promedio de velocidades de circulacion normal la semana sin presencia de vehiculos pesados del Sub Tramo 1.

| PROMEDIO DE VELOCIDADES NORMALES DE LA SEMANA (Km/h) "LA FALDA LAQUEÑUA" | | | | |
|--|----------|-------------|-----------|------------|
| TRAMO | PEND (%) | VEL. (Km/h) | DIST (Km) | TIEMPO (S) |
| SUB TRAMO 1 | 8,00% | 36,66 | 0,33 | 32,66 |

Grafica de Velocidades del comportamiento de vehiculos livianos que circulan sin la presencia de vehiculos pesados del Sub Tramo 1.



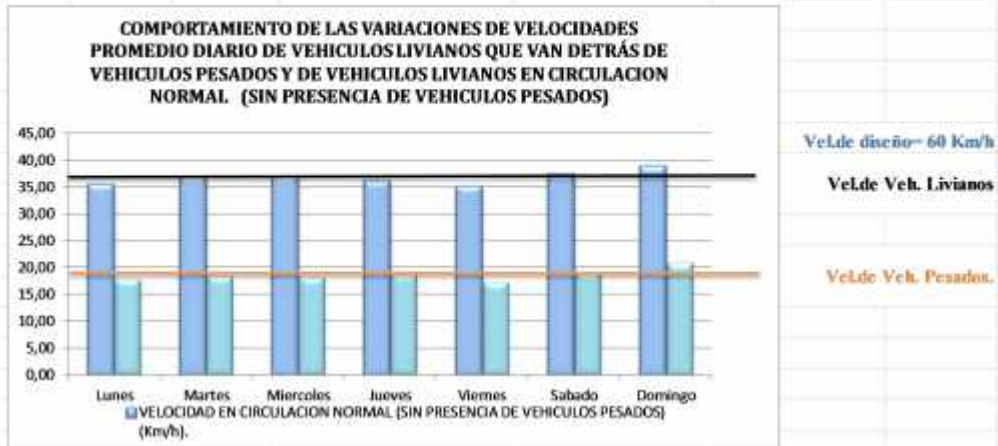
Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 31: Los Resultados de Variaciones de velocidades normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 1 de la Falda La Queñua.

Variaciones existentes de las velocidades de vehículos livianos que circulan en condiciones normales y velocidades afectadas por la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 1.

| VARIACIONES DE VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS Y DE VEHICULOS LIVIANOS EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) | | | | | |
|---|-----------------|---------------|--|--|------------------------------------|
| TRAMO | TIEMPO (DIAS) | PENDIENT E. % | VELOCIDAD EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) (Km/h). | VELOCIDADES DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS(Km/h). | VARIACIONES DE VELOCIDADES (Km/h). |
| SUB TRAMO 1 | Lunes | 8,00% | 35,39 | 17,79 | 17,60 |
| | Martes | 8,00% | 36,90 | 18,39 | 18,50 |
| | Miercoles | 8,00% | 36,91 | 18,15 | 18,76 |
| | Jueves | 8,00% | 36,15 | 18,70 | 17,45 |
| | Viernes | 8,00% | 35,03 | 17,31 | 17,73 |
| | Sabado | 8,00% | 37,40 | 19,11 | 18,29 |
| | Domingo | 8,00% | 38,86 | 21,00 | 17,87 |
| | PROMEDIO | | 36,66 | 18,64 | 18,03 |

Grafica comparativas de Velocidades que existen en condiciones normales y las velocidades que son afectadas debido a la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 1.



Grafica de las Variaciones de Velocidades que existen en condiciones normales y las velocidades que son afectadas debido a la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 1.



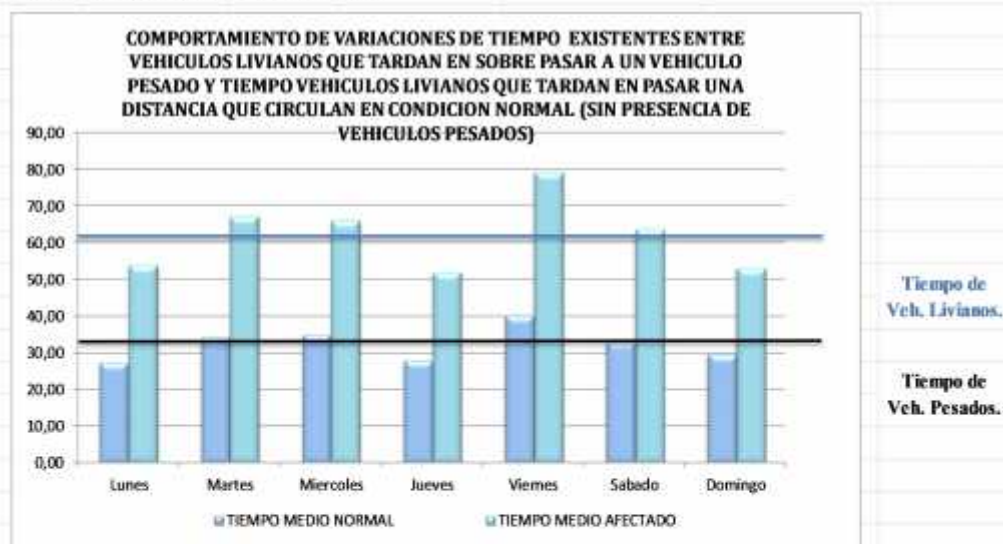
Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 32: Los Resultados de Variaciones de tiempos en condiciones normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 1 de la Falda La Queñua.

Variaciones existentes de Tiempos de vehículos livianos que circulan en condiciones normales y de Tiempos afectadas por la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 1.

| VARIACIONES DE TIEMPO EXISTENTES ENTRE VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN SOBRE PASAR A UN VEHICULO PESADO Y TIEMPO VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN PASAR UNA DISTANCIA QUE CIRCULAN EN CONDICION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS). | | | | | | |
|---|-----------------|--------|----------------------|---|--|---------------------------|
| TRAMO | (DIAS) | PEN. % | DISTANCIA TRAMO (Km) | TIEMPO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN SOBRE PASAR A UN VEHICULO PESADO (s) | TIEMPO VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN PASAR UNA DISTANCIA QUE CIRCULAN EN CONDICION NORMAL (s) | VARIACIONES DE TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 1 | Lunes | 8,00% | 0,27 | 27,74 | 54,12 | 26,38 |
| | Martes | 8,00% | 0,35 | 34,43 | 67,52 | 33,09 |
| | Miercoles | 8,00% | 0,36 | 35,06 | 66,32 | 31,26 |
| | Jueves | 8,00% | 0,28 | 28,05 | 52,33 | 24,28 |
| | Viernes | 8,00% | 0,39 | 40,46 | 79,51 | 39,05 |
| | Sabado | 8,00% | 0,34 | 33,11 | 63,80 | 30,68 |
| | Domingo | 8,00% | 0,32 | 29,80 | 53,34 | 23,54 |
| | PROMEDIO | | 0,33 | 32,66 | 62,42 | 29,76 |

Gráfica de las Variaciones de los Tiempos que existen en condiciones normales y los Tiempos que son afectadas debido a la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 1.



Planilla de Resultados de las Variaciones de las Velocidades y de los Tiempos promedios de toda la semana del Sub Tramo 1.

| PROMEDIO DE VARIACIONES DE VELOCIDADES Y TIEMPO PROMEDIO SEMANAL DEL SUB TRAMO 1 "LA FALDA LAQUEÑUA" | | | | |
|--|--------------|------------------|------------------------|--------------------|
| TRAMO | PENDIENT E % | DIST. TRAMO (Km) | VARIAC. DE VEL. (Km/h) | VARIAC. TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 1 | 8,00% | 0,33 | 18,03 | 29,76 |

Fuente: Elaboración Propia.

Resultados de velocidades en sub tramos de la Falda La Queñua, del **Sub tramo 2**, este tiene un sentido Ascendente entre las progresivas 2+600 – 3+400.

TABLA 4 - 33: Los Resultados de velocidades afectadas por presencia de vehículos pesados del sub tramo 2 de la Falda La Queñua.

Media de velocidades afectados por la presencia se vehiculos pesados de la semana del Sur tramo 2.

| VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS "LA FALDA LA QUEÑUA" | | | | |
|--|-----------|------------------|----------------|------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 2 | Lunes | 26,43 | 0,23 | 30,22 |
| | Martes | 28,39 | 0,27 | 33,50 |
| | Miercoles | 29,15 | 0,27 | 31,82 |
| | Jueves | 32,79 | 0,27 | 30,02 |
| | Viernes | 26,81 | 0,26 | 35,02 |
| | Sabado | 28,22 | 0,30 | 37,42 |
| | Domingo | 30,96 | 0,24 | 27,48 |

Promedio de velocidades de la semana afectadas por la presencia de vehiculos pesados del SubTramo2.

| PROMEDIO DE VELOCIDADES DE LA SEMANA (Km/h) "LA FALDA LAQUEÑUA" | | | | |
|---|----------|-------------|-----------|------------|
| TRAMO | PEND (%) | VEL. (Km/h) | DIST (Km) | TIEMPO (S) |
| SUB TRAMO 2 | 7,34% | 28,96 | 0,26 | 32,21 |

Grafica de Velocidades del comportamiento de vehiculos livianos afectadas por la presencia de vehiculos pesados del Sub Tramo 2.



Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 34: Los Resultados de Variaciones de velocidades normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 2 de la Falda La Queñua.

Media de velocidades que circulan en condiciones normales sin presencia de vehículos pesados del sub tramo 2.

| VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) "LA FALDA LA QUEÑUA" | | | | |
|---|-----------|------------------|----------------|-------------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO NORMAL (s) |
| TRAMO 2 | Lunes | 43,95 | 0,23 | 19,23 |
| | Martes | 46,35 | 0,27 | 20,70 |
| | Miercoles | 45,88 | 0,27 | 21,47 |
| | Jueves | 45,46 | 0,27 | 21,26 |
| | Viernes | 42,94 | 0,26 | 22,06 |
| | Sabado | 47,04 | 0,30 | 22,61 |
| | Domingo | 49,21 | 0,24 | 17,56 |

Promedio de velocidades de circulacion normal la semana sin presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 2.

| PROMEDIO DE VELOCIDADES NORMALES DE LA SEMANA (Km/h) "LA FALDA LAQUEÑUA" | | | | |
|--|----------|-------------|-----------|------------|
| TRAMO | PEND (%) | VEL. (Km/h) | DIST (Km) | TIEMPO (S) |
| TRAMO 2 | 7,34% | 45,83 | 0,26 | 20,70 |

Gráfica de Velocidades del comportamiento de vehículos livianos que circulan sin la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 2.



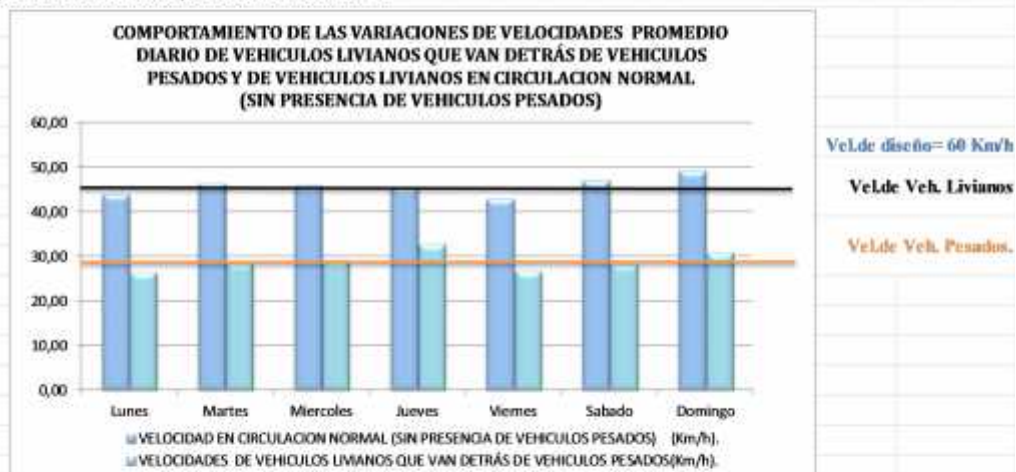
Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 35: Los Resultados de Variaciones de velocidades normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 2 de la Falda La Queñua.

Variaciones existentes de las velocidades de vehículos livianos que circulan en condiciones normales y velocidades afectadas por la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 2.

| VARIACIONES DE VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS Y DE VEHICULOS LIVIANOS EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS). | | | | | |
|--|---------------|--------|---|---|-----------------------------------|
| TRAMO | TIEMPO (DIAS) | PEN. % | VELOCIDAD EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) (Km/h) | VELOCIDADES DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS(Km/h) | VARIACIONES DE VELOCIDADES (Km/h) |
| TRAMO 2 | Lunes | 7,34% | 43,95 | 26,43 | 17,52 |
| | Martes | 7,34% | 46,35 | 28,39 | 17,96 |
| | Miercoles | 7,34% | 45,88 | 29,15 | 16,73 |
| | Jueves | 7,34% | 45,46 | 32,79 | 12,67 |
| | Viernes | 7,34% | 42,94 | 26,81 | 16,13 |
| | Sabado | 7,34% | 47,04 | 28,22 | 18,82 |
| | Domingo | 7,34% | 49,21 | 30,96 | 18,25 |
| PROMEDIO | | | 45,83 | 28,96 | 16,87 |

Grafica comparativas de Velocidades que existen en condiciones normales y las velocidades que son afectadas debido a la presencia de vehiculos pesados del Sub Tramo 2.



Grafica de las Variaciones de Velocidades que existen en condiciones normales y las velocidades que son afectadas debido a la presencia de vehiculos pesados del Sub Tramo 2.



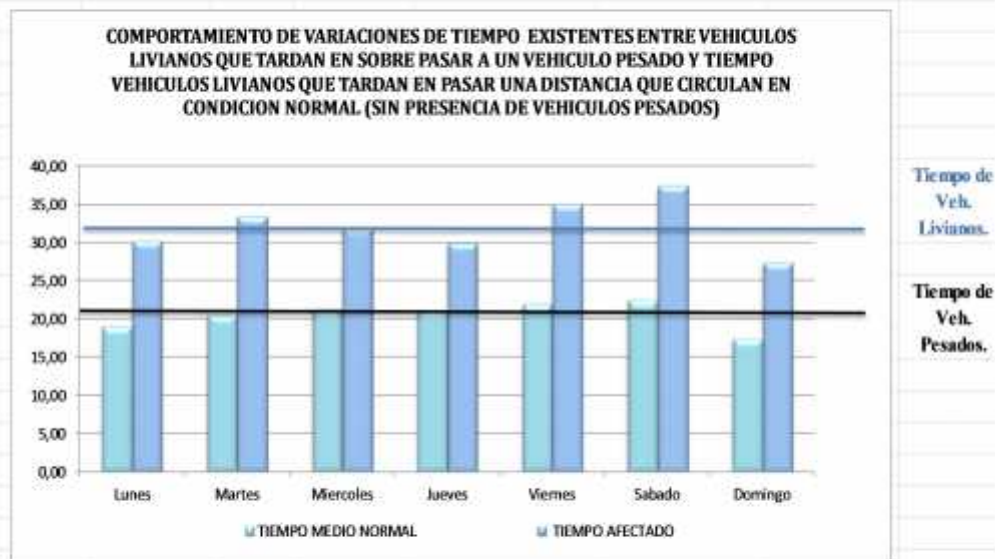
Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 36: Los Resultados de Variaciones de tiempos en condiciones normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 2 de la Falda La Queñua.

Variaciones existentes de Tiempos de vehículos livianos que circulan en condiciones normales y de Tiempos afectadas por la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 2.

| VARIACIONES DE TIEMPO EXISTENTES ENTRE VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN SOBREPASAR A UN VEHICULO PESADO Y TIEMPO VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN PASAR UNA DISTANCIA QUE CIRCULAN EN CONDICION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS). | | | | | | |
|--|-----------|-------|----------------------|--|--|---------------------------|
| TRAMO | (DIAS) | PEN.% | DISTANCIA TRAMO (Km) | TIEMPO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN SOBREPASAR A UN VEHICULO PESADO (s) | TIEMPO VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN PASAR UNA DISTANCIA QUE CIRCULAN EN CONDICION NORMAL (s) | VARIACIONES DE TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 2 | Lunes | 7,34% | 0,23 | 19,23 | 30,22 | 10,99 |
| | Martes | 7,34% | 0,27 | 20,70 | 33,50 | 12,81 |
| | Miercoles | 7,34% | 0,27 | 21,47 | 31,82 | 10,35 |
| | Jueves | 7,34% | 0,27 | 21,26 | 30,02 | 8,77 |
| | Viernes | 7,34% | 0,26 | 22,06 | 35,02 | 12,96 |
| | Sabado | 7,34% | 0,30 | 22,61 | 37,42 | 14,81 |
| | Domingo | 7,34% | 0,24 | 17,56 | 27,48 | 9,92 |
| PROMEDIO | | | 0,26 | 20,70 | 32,21 | 11,51 |

Gráfica de las Variaciones de los Tiempos que existen en condiciones normales y los Tiempos que son afectadas debido a la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 2.



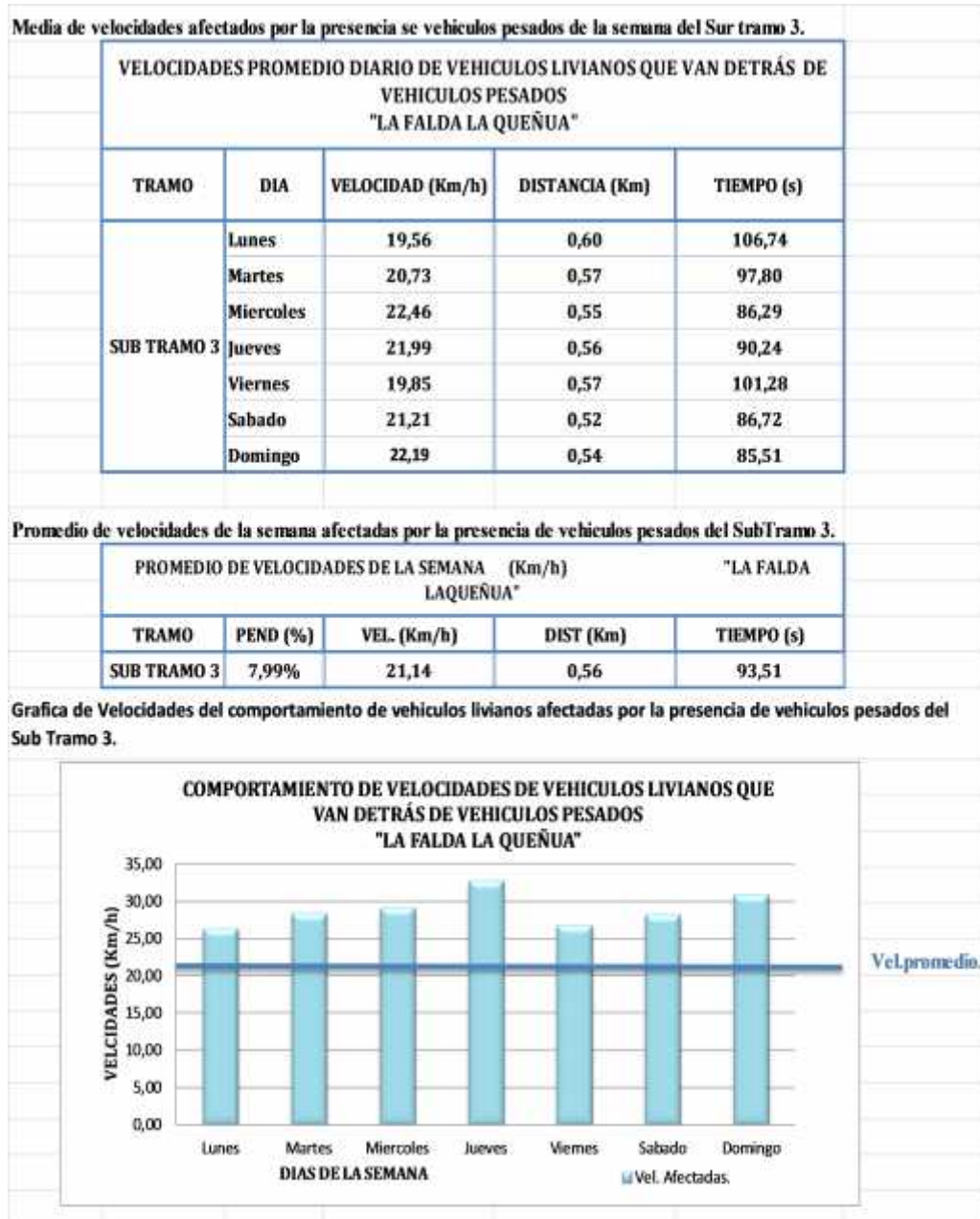
Planilla de Resultados de las Variaciones de las Velocidades y de los Tiempos promedios de toda la semana del Sub Tramo 2.

| PROMEDIO DE VARIACIONES DE VELOCIDADES Y TIEMPO PROMEDIO SEMANAL DEL SUB TRAMO 2 "LA FALDA LAQUEÑUA" | | | | |
|--|-------------|------------------|------------------------|--------------------|
| TRAMO | PENDIENTE % | DIST. TRAMO (Km) | VARIAC. DE VEL. (Km/h) | VARIAC. TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 2 | 7,34% | 0,26 | 16,87 | 11,51 |

Fuente: Elaboración Propia.

Resultados de velocidades en sub tramos de la Falda La Queñua, del **Sub tramo 3**, este tiene un sentido Ascendente entre las progresivas 4+800 – 6+800.

TABLA 4 - 37: Los Resultados de Variaciones de velocidades normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 3 de la Falda La Queñua.



Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 38: Los Resultados de velocidades afectadas por presencia de vehículos pesados del sub tramo 3 de la Falda La Queñua.

Media de velocidades que circulan en condiciones normales sin presencia de vehículos pesados del sub tramo 3.

| VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) "LA FALDA LA QUEÑUA" | | | | |
|---|-----------|------------------|----------------|-------------------|
| TRAMO | DIA | VELOCIDAD (Km/h) | DISTANCIA (Km) | TIEMPO NORMAL (s) |
| SUB TRAMO 3 | Lunes | 37,25 | 0,60 | 57,76 |
| | Martes | 38,50 | 0,57 | 53,06 |
| | Miercoles | 39,50 | 0,55 | 50,13 |
| | Jueves | 38,23 | 0,56 | 52,97 |
| | Viernes | 37,01 | 0,57 | 55,62 |
| | Sabado | 40,45 | 0,52 | 46,12 |
| | Domingo | 41,97 | 0,54 | 45,89 |

Promedio de velocidades de circulacion normal la semana sin presencia de vehiculos pesados del Sub Tramo 3.

| PROMEDIO DE VELOCIDADES NORMALES DE LA SEMANA (Km/h) "LA FALDA LAQUEÑUA" | | | | |
|--|----------|-------------|-----------|------------|
| TRAMO | PEND (%) | VEL. (Km/h) | DIST (Km) | TIEMPO (S) |
| SUB TRAMO 3 | PEND (%) | 38,49 | 0,56 | 52,61 |

Gráfica de Velocidades del comportamiento de vehiculos livianos que circulan sin la presencia de vehiculos pesados del Sub Tramo 3.



Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 39: Los Resultados de Variaciones de velocidades normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 3 de la Falda La Queñua.

Variaciones existentes de las velocidades de vehículos livianos que circulan en condiciones normales y velocidades afectadas por la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 3.

| VARIACIONES DE VELOCIDADES PROMEDIO DIARIO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS Y DE VEHICULOS LIVIANOS EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS). | | | | | |
|--|---------------|--------|---|--|-----------------------------------|
| TRAMO | TIEMPO (DIAS) | PEN. % | VELOCIDAD EN CIRCULACION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS) (Km/h) | VELOCIDADES DE VEHICULOS LIVIANOS QUE VAN DETRÁS DE VEHICULOS PESADOS (Km/h) | VARIACIONES DE VELOCIDADES (Km/h) |
| SUB TRAMO 3 | Lunes | 7,99% | 37,25 | 19,56 | 17,69 |
| | Martes | 7,99% | 38,50 | 20,73 | 17,77 |
| | Miercoles | 7,99% | 39,50 | 22,46 | 17,04 |
| | Jueves | 7,99% | 38,23 | 20,72 | 17,51 |
| | Viernes | 7,99% | 37,01 | 19,85 | 17,16 |
| | Sabado | 7,99% | 40,45 | 21,21 | 19,24 |
| | Domingo | 7,99% | 41,97 | 22,19 | 19,79 |
| | PROMEDIO | | | 38,99 | 20,96 |

Grafica comparativas de Velocidades que existen en condiciones normales y las velocidades que son afectadas debido a la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 3.



Variaciones existentes de las velocidades de vehículos livianos que circulan en condiciones normales y velocidades afectadas por la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 3.



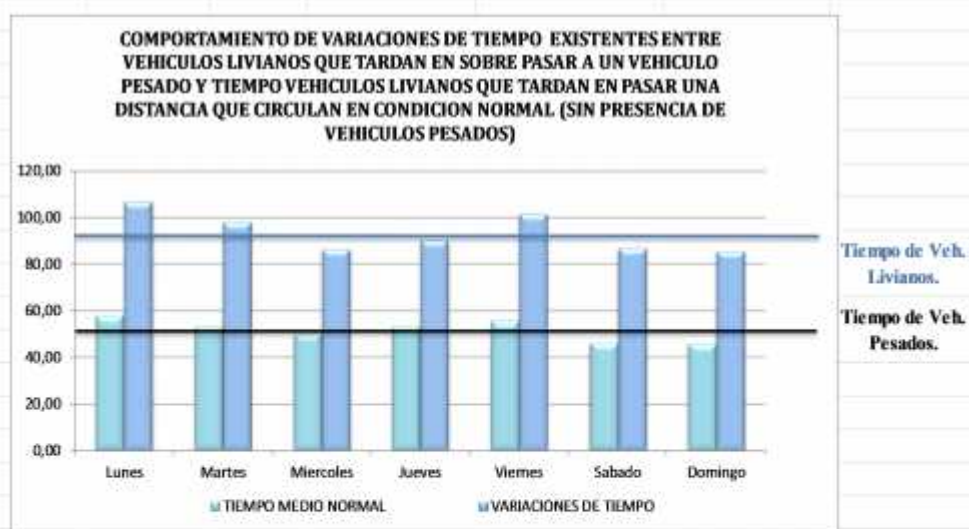
Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 40: Los Resultados de Variaciones de tiempos en condiciones normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 3 de la Falda La Queñua.

Variaciones existentes de Tiempos de vehículos livianos que circulan en condiciones normales y de Tiempos afectadas por la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 3.

| VARIACIONES DE TIEMPO EXISTENTES ENTRE VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN SOBRE PASAR A UN VEHICULO PESADO Y TIEMPO VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN PASAR UNA DISTANCIA QUE CIRCULAN EN CONDICION NORMAL (SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS). | | | | | | |
|---|-----------|-------|----------------------|---|--|---------------------------|
| TRAMO | (DIAS) | PEN.% | DISTANCIA TRAMO (Km) | TIEMPO DE VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN SOBRE PASAR A UN VEHICULO PESADO (s) | TIEMPO VEHICULOS LIVIANOS QUE TARDAN EN PASAR UNA DISTANCIA QUE CIRCULAN EN CONDICION NORMAL (s) | VARIACIONES DE TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 3 | Lunes | 7,99% | 0,60 | 57,76 | 106,74 | 48,98 |
| | Martes | 7,99% | 0,57 | 53,06 | 97,80 | 44,74 |
| | Miercoles | 7,99% | 0,55 | 50,13 | 86,29 | 36,16 |
| | Jueves | 7,99% | 0,56 | 52,97 | 90,24 | 37,27 |
| | Viernes | 7,99% | 0,57 | 55,62 | 101,28 | 45,65 |
| | Sabado | 7,99% | 0,52 | 46,12 | 86,72 | 40,60 |
| | Domingo | 7,99% | 0,54 | 45,89 | 85,51 | 39,63 |
| PROMEDIO | | | 0,56 | 51,65 | 93,51 | 41,86 |

Grafica de las Variaciones de los Tiempos que existen en condiciones normales y los Tiempos que son afectadas debido a la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 3.



Planilla de Resultados de las Variaciones de las Velocidades y de los Tiempos promedios de toda la semana del Sub Tramo 3.

| VARIACIONES DE VELOCIDADES Y TIEMPO PROMEDIO SEMANAL DEL SUB TRAMO 3 "LA FALDA LAQUEÑUA" | | | | |
|--|-------------|------------------|------------------------|--------------------|
| TRAMO | PENDIENTE % | DIST. TRAMO (Km) | VARIAC. DE VEL. (Km/h) | VARIAC. TIEMPO (s) |
| SUB TRAMO 3 | 7,99% | 0,56 | 18,03 | 41,86 |

Fuente: Elaboración Propia.

1.4.2 CON RESPECTO A VOLUMENES.

1.4.2.1 AFORO DE VOLUMENES EN SUB TRAMOS.

Aforo de Volúmenes en sub tramos del Aguarague.

Resumen de volúmenes aforados de todos los días de la semana, media de volúmenes de las 6 progresivas de tres Sub tramos de 1 semana.

TABLA 4 - 41: Aforo de Volúmenes en sub tramos del Aguarague.

| PLANILLA DE TRAFICO VEHICULAR " EL AGUARAGUE " | | | | | | | | | |
|--|--------|---------------------|-------------|------------|--------------------|-------|--------|--------|---------------------|
| ANCHO CARRIL | | 3,65 | m | | | | | | |
| BERMA | | 1,5 | m | | | | | | |
| TRAMO | TIEMPO | DISTANCIA TRAMO (m) | PENDIENTE % | SENTIDO | TIPOS DE VEHICULOS | | | | VOLUMEN TOTAL (v/h) |
| | | | | | CAMIONES | BUSES | RECREO | OTROS | |
| TRAMO 1 | SEMANA | 500 | 6,35% | Ascendente | 139,71 | 26,29 | 0,00 | 408,86 | 574,86 |
| TRAMO 2 | SEMANA | 700 | 8,25% | Ascendente | 160,29 | 21,14 | 0,00 | 402,57 | 584,00 |
| TRAMO 3 | SEMANA | 600 | 9,00% | Ascendente | 148,29 | 24,57 | 0,00 | 380,29 | 553,14 |

Fuente: Elaboración Propia.

Aforo de Volúmenes en sub tramos de la Falda la Queñua.

Resumen de volúmenes aforados de todos los días de la semana, media de volúmenes de las 6 progresivas de tres tramos de 1 semana.

TABLA 4 - 42: Aforo de Volúmenes en sub tramos de la Falda la Queñua.

| PLANILLA DE TRAFICO VEHICULAR " FALDA LA QUEÑUA " | | | | | | | | | |
|---|--------|---------------------|-------------|------------|--------------------|-------|--------|-------|---------------------|
| ANCHO CARRIL | | 3,65 | m | | | | | | |
| BERMA | | 0,85 | m | | | | | | |
| TRAMO | TIEMPO | DISTANCIA TRAMO (m) | PENDIENTE % | SENTIDO | TIPOS DE VEHICULOS | | | | VOLUMEN TOTAL (v/h) |
| | | | | | CAMIONES | BUSES | RECREO | OTROS | |
| SUB TRAMO 1 | SEMANA | 800 | 8,00% | Ascendente | 8,93 | 2,10 | 0,00 | 16,21 | 27,24 |
| SUB TRAMO 2 | SEMANA | 500 | 7,34% | Ascendente | 10,07 | 2,36 | 0,00 | 17,17 | 29,60 |
| SUB TRAMO 3 | SEMANA | 1400 | 7,99% | Ascendente | 9,57 | 2,07 | 0,00 | 16,90 | 28,55 |

Fuente: Elaboración Propia.

1.4.2.2 RESULTADOS DE VOLUMENES EN SUB TRAMOS.

Resultados de Volúmenes en sub tramos el Aguarague.

Planilla final de Resultados de Volúmenes en sub tramos el Aguarague.

TABLA 4 - 43: Resultados de Volúmenes en sub tramos el Aguarague.

| PLANILLA DE TRAFICO VEHICULAR " EL AGUARAGUE" | | | | | | | | | |
|---|--------|---------------------|-------------|------------|--------------------|-------|--------|--------|---------------------|
| ANCHO CARRIL | | 3,65 | m | | | | | | |
| BERMA | | 1,5 | m | | | | | | |
| TRAMO | TIEMPO | DISTANCIA TRAMO (m) | PENDIENTE % | SENTIDO | TIPOS DE VEHICULOS | | | | VOLUMEN TOTAL (v/h) |
| | | | | | CAMIONES | BUSES | RECREO | OTROS | |
| TRAMO 1 | SEMANA | 500 | 6,35% | Ascendente | 139,71 | 26,29 | 0,00 | 408,86 | 574,86 |
| TRAMO 2 | SEMANA | 700 | 8,25% | Ascendente | 160,29 | 21,14 | 0,00 | 402,57 | 584,00 |
| TRAMO 3 | SEMANA | 600 | 9,00% | Ascendente | 148,29 | 24,57 | 0,00 | 380,29 | 553,14 |

Fuente: Elaboración Propia.

Resultados de Volúmenes en sub tramos de la Falda la Queñua.

Planilla final de Resultados de Volúmenes en sub tramos de la Falda la Queñua.

TABLA 4 - 44: Resultados de Volúmenes en sub tramos de la Falda la Queñua.

| PLANILLA DE TRAFICO VEHICULAR " EL AGUARAGUE" | | | | | | | | | |
|---|--------|---------------------|-------------|------------|--------------------|-------|--------|--------|---------------------|
| ANCHO CARRIL | | 3,65 | m | | | | | | |
| BERMA | | 0,85 | m | | | | | | |
| TRAMO | TIEMPO | DISTANCIA TRAMO (m) | PENDIENTE % | SENTIDO | TIPOS DE VEHICULOS | | | | VOLUMEN TOTAL (v/h) |
| | | | | | CAMIONES | BUSES | RECREO | OTROS | |
| TRAMO 1 | SEMANA | 800 | 8,00% | Ascendente | 78,29 | 25,14 | 0,00 | 178,29 | 281,71 |
| TRAMO 2 | SEMANA | 500 | 7,34% | Ascendente | 82,57 | 28,29 | 0,00 | 185,43 | 296,29 |
| TRAMO 3 | SEMANA | 1400 | 7,99% | Ascendente | 77,43 | 20,43 | 0,00 | 151,50 | 249,36 |

Fuente: Elaboración Propia.

1.4.3 CON RESPECTO A LA CAPACIDAD.

1.4.3.1 INFLUENCIA DE LOS VEHICULOS PESADOS EN SUB TRAMOS POR PENDIENTES.

Influencia de los vehículos pesados en sub tramos por pendientes del Aguarague.

| | | | |
|---|-----------|-------|------|
| Determinacion de la capacidad y el nivel de servicio de los tramos de la carretera del Aguarague. Aplicando el manual de capacidades vial de los estados unidos HCM 1994. | | | |
| tramo 1: CARAPARI - EL AGUARAGUE (ENTRE LAS PROGRESIVAS 16+500 - 16+000) | | | |
| Datos del estudio de trafico del tramo y características geometricas de la caretera. | | | |
| Descripcion de la carretera = | | | |
| Terreno = | Montañoso | | |
| Volumen en la hora punta = | 574,86 | (v/h) | |
| Inclinacion del tramo % = | 6,35% | | |
| Longitud del tramo = | 500 | m | |
| Características de la via.- | | | |
| Velocidad de proyecto = | 28,08 | | |
| Ancho de carril = | 3,5 | | |
| Berma = | 2 | | |
| % sin posibilidad de adelantar | 40% | | |
| Características de la Circulacion.- | | | |
| Reparto de trafico por sentidos = | | | |
| Compsicion del trafico: | | | |
| % Livianos | 408,86 | 71,12 | 0,71 |
| % Camiones | 139,71 | 24,30 | 0,24 |
| % V. Recreo | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| % Autobuses | 26,29 | 4,57 | 0,05 |
| Factor de hora punta= | 0,92 | | |

Calculo de la Capacidad (Intensidad).

$$ISi = V * \left(\frac{I}{c} \right) * fR * fA * fL * FVP$$

Relacion intensidad y capacidad para el nivel de servicio I/c , obtenida de la tabla 3-11. para pendientes especiales.

Tabla N° 3-11: Valores de la relación I/c^a , con relación a la velocidad, porcentaje de inclinación de la rampa y porcentaje de los tramos con prohibición de adelantar

| Porcentaje de Pendiente | Velocidad promedio en la pendiente (mi/h) | Porcentaje de Zonas de No Adelantamiento para | | | | | |
|-------------------------|---|---|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| 5 | 88 | 0.21 | 0.17 | 0.14 | 0.12 | 0.10 | 0.08 |
| | 84 | 0.36 | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 |
| | 80 | 0.57 | 0.49 | 0.45 | 0.41 | 0.39 | 0.37 |
| | 72 | 0.93 | 0.84 | 0.79 | 0.75 | 0.72 | 0.70 |
| | 68 | 0.97 | 0.90 | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.82 |
| | 64 | 0.98 | 0.96 | 0.95 | 0.94 | 0.93 | 0.92 |
| | 56 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 6 | 88 | 0.12 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 0.04 |
| | 84 | 0.27 | 0.22 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 |
| | 80 | 0.48 | 0.40 | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.26 |
| | 72 | 0.85 | 0.76 | 0.68 | 0.63 | 0.59 | 0.55 |
| | 68 | 0.93 | 0.84 | 0.78 | 0.74 | 0.70 | 0.67 |
| | 64 | 0.97 | 0.91 | 0.87 | 0.83 | 0.81 | 0.78 |
| | 56 | 1.00 | 0.96 | 0.95 | 0.93 | 0.91 | 0.90 |
| 48 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | |

Ref. Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1994)

$I_c = 0,92$

Factor de ajuste para el reparto por sentidos de la circulación fR , obtenida de la tabla 4-6.

| FACTOR DE AJUSTE POR REPARTO DE SENTIDO EN RAMPAS SINGULARES fR | |
|---|-------------------|
| % De trafico de subido. | Factor de ajuste. |
| 100 | 0,58 |
| 90 | 0,64 |
| 80 | 0,70 |
| 70 | 0,78 |
| 60 | 0,87 |
| 50 | 1,00 |
| 40 | 1,20 |
| ≤30 | 1,50 |

Fuente: HCM 1994.

$fR = 1$

Factor de ajuste para carriles y arcenes estrechos f_A ,

Factores de ajuste para el efecto combinado de la anchura de los carriles y arcenes, f_A

| Anchura útil del arcén ³ | CARRILES 3,6 m ^b | | CARRILES 3,3 m ^b | | CARRILES 3 m ^b | | CARRILES 2,7 m ^b | |
|-------------------------------------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|---------------------------|------|-----------------------------|------|
| | NIVEL SERVICIO. | | NIVEL SERVICIO. | | NIVEL SERVICIO. | | NIVEL SERVICIO. | |
| | A-D | E | A-D | E | A-D | E | A-D | E |
| 1,8 | 1 | 1 | 0,93 | 0,94 | 0,84 | 0,87 | 0,7 | 0,76 |
| 1,2 | 0,92 | 0,97 | 0,85 | 0,92 | 0,77 | 0,85 | 0,65 | 0,74 |
| 0,6 | 0,81 | 0,93 | 0,75 | 0,88 | 0,68 | 0,81 | 0,57 | 0,7 |
| 0 | 0,7 | 0,88 | 0,65 | 0,82 | 0,58 | 0,75 | 0,49 | 0,66 |

³ Cuando la anchura del arcén derecho es distinta a la del arcén izquierdo, tomar el valor medio.

^b Para el análisis de rampas especiales utilídense los factores del NS E para toda velocidad <7.

$f_A =$ 1

Factor de ajuste para vehículos ligeros en pendientes f_L .

$$f_L = \frac{1}{1 + (P_L * IL)}$$

$P_L =$ 0,71 Proporción de vehículos ligeros en el tráfico de subida.

Factor de impedancia para vehículos calculados por la fórmula IL .

$$IL = 0.02(E - E_0)$$

Equivalente básico de vehículos ligeros para pendientes con una longitud y una velocidad E .

Tabla N° 3-11 Equivalente de vehículos ligeros para pendientes específicas en carreteras rurales de dos carriles, E y E0

| PENDIENTE % | LONGITUD DE LA PENDIENTE (metros) | VELOCIDAD PROMEDIO EN LA PENDIENTE (mi/h) | | | | | |
|-------------|-----------------------------------|---|------|------|------|------|------|
| | | 88 | 84 | 80 | 72 | 64 | 48 |
| 0 | Todas | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.3 |
| | 400 | 4.0 | 3.1 | 2.5 | 2.1 | 1.9 | 1.8 |
| 6 | 800 | 6.5 | 4.8 | 3.7 | 2.8 | 2.4 | 2.2 |
| | 1200 | 11.0 | 7.2 | 5.2 | 3.7 | 3.1 | 2.7 |
| | 1600 | 20.4 | 11.7 | 7.8 | 4.9 | 4.0 | 3.3 |
| | 2400 | 60.0 | 25.2 | 16.0 | 8.5 | | 4.7 |
| | 3200 | a | 50.0 | 28.2 | 15.3 | 10.7 | 6.3 |
| | 4800 | a | a | 70.0 | 38.0 | 23.9 | 11.3 |
| | 6400 | a | a | a | 90.0 | 45.0 | 18.1 |

Ref. Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1994)

Para valores para una longitud de 500 m

$$E = 2,025$$

Equivalente basico de vehiculos ligeros para una inclinacion 0 y una determinada velocidad E_o .

Tabla N° 3-11 Equivalente de vehículos ligeros para pendientes específicas en carreteras rurales de dos carriles, E y E0

| PENDIENTE % | LONGITUD DE LA PENDIENTE (metros) | VELOCIDAD PROMEDIO EN LA PENDIENTE (mi/h) | | | | | |
|----------------|--|---|------|------|------|-----|-----|
| | | 88 | 84 | 80 | 72 | 64 | 48 |
| 0 | Todas | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.3 |
| | 400 | 2.9 | 2.3 | 2.0 | 1.7 | 1.6 | 1.5 |
| | 800 | 3.7 | 2.9 | 2.4 | 2.0 | 1.8 | 1.7 |
| | 1200 | 4.8 | 3.6 | 2.9 | 2.3 | 2.0 | 1.9 |
| | 1600 | 6.5 | 4.6 | 3.5 | 2.6 | 2.3 | 2.1 |
| | 2400 | 11.2 | 6.6 | 5.1 | 3.4 | 2.9 | 2.5 |
| | 3200 | 19.8 | 9.3 | 6.7 | 4.6 | 3.7 | 2.9 |
| | 4800 | 71.0 | 21.0 | 10.8 | 7.3 | 5.6 | 3.8 |
| 3 | 6400 | a | 48.0 | 20.5 | 11.3 | 7.7 | 4.9 |

Ref. Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1994)

$$E_o = 1,3$$

Calculo factor de impedancia para vehiculos calculados por la formula IL .

$$IL = 0.02(2.025 - 1.3)$$

$$IL = 0,0145$$

Factor de ajuste para vehiculos ligeros en pendientes fL .

$$fL = \frac{1}{1 + (0.63 * 0.022)}$$

$$fL = 0,99$$

Calculo Factor de ajuste por la presencia de vehiculos pesados en la circulacion de subida fVP .

$$f_{VP} = \frac{1}{1 + P_{VP}(E_{VP} - 1)}$$

$$P_{VP} = 0,29 \quad \text{Proporcion total de vehiculos pesados (camiones + buses + recreo)}$$

Equivalencia en vehículos ligeros para la mezcla específica de vehículos pesados existentes en la circulación de subida, calculada con la siguiente fórmula.

$$E_{VP} = 1 + (0.25 + P_{C/VP})(E - 1)$$

$P_{C/VP} =$ 0,84 Proporción de camiones entre los vehículos pesados, es decir, porcentaje de camiones sobre el total de los pesados.

$$E_{VP} = 1 + (0.25 + 0.75)(2.4 - 1)$$

$E_{VP} =$ 2,12

Calculo Factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados en la circulación de subida f_{VP} .

$$f_{VP} = \frac{1}{1 + P_{VP}(2.035 - 1)}$$

$f_{VP} =$ 0,76

Calculo de la Capacidad.

$$ISi = V * \left(\frac{I}{c}\right) * fR * fA * fL * FVP$$

$IS =$ 396,24 v/h

| | | | |
|---|-----------|--------|------|
| Determinacion de la capacidad y el nivel de servicio de los tramos de la carretera del Aguarague. Aplicando el manual de capacidades vial de los estados unidos HCM 1994. | | | |
| tramo 2: OJO DE AGUA - EL AGUARAGUE (ENTRE LAS PROGRESIVAS 7+200 - 6+500) | | | |
| Datos del estudio de trafico del tramo y características geometricas de la caretera. | | | |
| Descripcion de la carretera = | | | |
| Terreno = | Montañoso | | |
| Volumen en la hora punta | 584,00 | (v/h) | |
| Inclinacion del tramo % = | 8,25% | | |
| Longitud del tramo = | 700 | m | |
| Características de la via.- | | | |
| Velocidad de proyecto = | 26,03 | (Km/h) | |
| Ancho de carril = | 3,5 | | |
| Berma = | 2 | | |
| % sin posibilidad de adela | 40% | | |
| Características de la Circulacion.- | | | |
| Reparto de trafico por sentidos = | | | |
| Compsicion del trafico: | | | |
| % Livianos = | 402,57 | 68,93 | 0,69 |
| % Camiones | 160,29 | 27,45 | 0,27 |
| % V. Recreos | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| % Autobuse | 21,14 | 3,62 | 0,04 |
| Factor de hora punta= | 0,92 | | |

Calculo de la Capacidad (Intensidad).

$$ISi = V * \left(\frac{I}{c} \right) * fR * fA * fL * FVP$$

Relacion intensidad y capacidad para el nivel de servicio I/c , obtenida de la tabla 3-11. para pendientes especiales.

Tabla N° 3-11: Valores de la relación I/c^a , con relación a la velocidad, porcentaje de inclinación de la rampa y porcentaje de los tramos con prohibición de adelantar para rampas singulares.

| Porcentaje de Pendiente | Velocidad promedio en la pendiente (mi/h) | Porcentaje de Zonas de No Adelantamiento para | | | | | |
|-------------------------|---|---|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| 7 | 88 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 84 | 0.13 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.05 | 0.04 |
| | 80 | 0.34 | 0.27 | 0.22 | 0.18 | 0.15 | 0.12 |
| | 72 | 0.77 | 0.65 | 0.55 | 0.46 | 0.40 | 0.35 |
| | 68 | 0.86 | 0.75 | 0.67 | 0.60 | 0.54 | 0.48 |
| | 64 | 0.93 | 0.82 | 0.75 | 0.69 | 0.64 | 0.59 |
| | 56 | 1.00 | 0.91 | 0.87 | 0.82 | 0.79 | 0.76 |
| | 48 | 1.00 | 0.95 | 0.92 | 0.90 | 0.88 | 0.86 |

Ref. Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1994)

$Ic=$ 0,92

Factor de ajuste para el reparto por sentidos de la circulación fR , obtenida de la tabla 4-6.

| FACTOR DE AJUSTE POR REPARTO DE SENTIDO EN RAMPAS SINGULARES fR | |
|---|-------------------|
| % De trafico de subido. | Factor de ajuste. |
| 100 | 0,58 |
| 90 | 0,64 |
| 80 | 0,70 |
| 70 | 0,78 |
| 60 | 0,87 |
| 50 | 1,00 |
| 40 | 1,20 |
| ≤30 | 1,50 |

Fuente: HCM 1994.

$fR=$ 1

Factor de ajuste para carriles y arcenes estrechos f_A ,

Factores de ajuste para el efecto combinado de la anchura de los carriles y arcenes, f_A

| Anchura útil del arcén ³ | CARRILES 3,6 m ^b | | CARRILES 3,3 m ^b | | CARRILES 3 m ^b | | CARRILES 2,7 m ^b | |
|-------------------------------------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|---------------------------|------|-----------------------------|------|
| | NIVEL SERVICIO. | | NIVEL SERVICIO. | | NIVEL SERVICIO. | | NIVEL SERVICIO. | |
| | A-D | E | A-D | E | A-D | E | A-D | E |
| 1,8 | 1 | 1 | 0,93 | 0,94 | 0,84 | 0,87 | 0,7 | 0,76 |
| 1,2 | 0,92 | 0,97 | 0,85 | 0,92 | 0,77 | 0,85 | 0,65 | 0,74 |
| 0,6 | 0,81 | 0,93 | 0,75 | 0,88 | 0,68 | 0,81 | 0,57 | 0,7 |
| 0 | 0,7 | 0,88 | 0,65 | 0,82 | 0,58 | 0,75 | 0,49 | 0,66 |

³ Cuando la anchura del arcén derecho es distinta a la del arcén izquierdo, tomar el valor medio.

^b Para el análisis de rampas especiales utilícese los factores del NS E para toda velocidad <7;

$f_A =$ 1

Factor de ajuste para vehículos ligeros en pendientes f_L .

$$f_L = \frac{1}{1 + (P_L * IL)}$$

$P_L =$ 0,69 Proporción de vehículos ligeros en el tráfico de subida.

Factor de impedancia para vehículos calculados por la fórmula IL .

$$IL = 0.02(E - E_0)$$

Equivalente básico de vehículos ligeros para pendientes con una longitud y una velocidad E .

Tabla N° 3-11 Equivalente de vehículos ligeros para pendientes específicas en carreteras rurales de dos carriles, E y E0

| PENDIENTE % | LONGITUD DE LA PENDIENTE (metros) | VELOCIDAD PROMEDIO EN LA PENDIENTE (mi/h) | | | | | |
|-------------|-----------------------------------|---|------|------|------|------|------|
| | | 88 | 84 | 80 | 72 | 64 | 48 |
| 0 | Todas | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.3 |
| | 400 | 4.5 | 3.4 | 2.7 | 2.2 | 2.0 | 1.9 |
| 7 | 800 | 7.9 | 5.7 | 4.2 | 3.2 | 2.7 | 2.4 |
| | 1200 | 14.5 | 9.1 | 6.3 | 4.3 | 3.6 | 3.0 |
| | 1600 | 31.4 | 16.0 | 10.0 | 6.1 | 4.8 | 3.8 |
| | 2400 | a | 39.5 | 23.5 | 11.5 | 8.4 | 5.8 |
| | 3200 | a | 88.0 | 46.0 | 22.8 | 15.4 | 8.2 |
| | 4800 | a | a | a | 66.0 | 38.5 | 16.1 |
| | 6400 | a | a | a | a | a | 28.0 |

Ref. Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1994)

Interpolando para valores para una longitud de 700 m

$E =$ 2,2

Equivalente basico de vehiculos ligeros para una inclinacion O y una determinada velocidad E_o .

Tabla N° 3-11 Equivalente de vehiculos ligeros para pendientes específicas en carreteras rurales de dos carriles, E y E_0

| PENDIENTE % | LONGITUD DE LA PENDIENTE (metros) | VELOCIDAD PROMEDIO EN LA PENDIENTE (mi/h) | | | | | |
|----------------|--|---|------|------|------|-----|-----|
| | | 88 | 84 | 80 | 72 | 64 | 48 |
| 0 | Todas | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.3 |
| 3 | 400 | 2.9 | 2.3 | 2.0 | 1.7 | 1.6 | 1.5 |
| | 800 | 3.7 | 2.9 | 2.4 | 2.0 | 1.8 | 1.7 |
| | 1200 | 4.8 | 3.6 | 2.9 | 2.3 | 2.0 | 1.9 |
| | 1600 | 6.5 | 4.6 | 3.5 | 2.6 | 2.3 | 2.1 |
| | 2400 | 11.2 | 6.6 | 5.1 | 3.4 | 2.9 | 2.5 |
| | 3200 | 19.8 | 9.3 | 6.7 | 4.6 | 3.7 | 2.9 |
| | 4800 | 71.0 | 21.0 | 10.8 | 7.3 | 5.6 | 3.8 |
| | 6400 | a | 48.0 | 20.5 | 11.3 | 7.7 | 4.9 |

Ref. Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1994)

$E_o = 1,3$

Calculo factor de impedancia para vehiculos calculados por la formula IL .

$$IL = 0.02(2.025 - 1.3)$$

$IL = 0,018$

Factor de ajuste para vehiculos ligeros en pendientes fL .

$$fL = \frac{1}{1 + (0.73 * 0.012)}$$

$fL = 0,99$

Calculo Factor de ajuste por la presencia de vehiculos pesados en la circulacion de subida fVP .

$$f_{VP} = \frac{1}{1 + P_{VP}(E_{VP} - 1)}$$

| | | |
|--|---------------|---|
| $P_{VP} =$ | 0,31 | Proporcion total de vehiculos pesados (camiones + buses + recreo) |
| Equivalencia en vehiculos ligeros para la mezcla especifica de vehiculos pesados existentes en la circulacion de subida, calculada con la siguiente formula. | | |
| $E_{VP} = 1 + (0.25 + P_{C/VP})(E - 1)$ | | |
| $P_{C/VP} =$ | 0,88 | Proporcion de camiones entre los vehiculos pesados, es decir, porcentaje de camiones sobre el total de los pesados. |
| $E_{VP} = 1 + (0.25 + 0.9)(1.9 - 1)$ | | |
| $E_{VP} =$ | 2,36 | |
| Calculo Factor de ajuste por la presencia de vehiculos pesados en la circulacion de subida f_{VP}. | | |
| $f_{VP} = \frac{1}{1 + P_{VP}(2.035 - 1)}$ | | |
| $f_{vp} =$ | 0,70 | |
| Calculo de la Capacidad. | | |
| $ISi = V * \left(\frac{I}{c}\right) * fR * fA * fL * FVP$ | | |
| $IS =$ | 374,41 | v/h |
| Para la determinacion del Nivel de Servicio. | | |
| La relacion de la intensidad /volumen total. | | |
| Volumen en la hora punta | 584,00 | (v/h) |
| $\frac{IS}{V} = 0,64$ | | |

| | | | |
|---|-----------|--------|------|
| Determinacion de la capacidad y el nivel de servicio de los tramos de la carretera del Aguarague. Aplicando el manual de capacidades vial de los estados unidos HCM 1994. | | | |
| tramo 3: OJO DE AGUA - EL AGUARAGUE (ENTRE LAS PROGRESIVAS 6+400 - 5+800) | | | |
| Datos del estudio de trafico del tramo y características geometricas de la carretera. | | | |
| Descripcion de la carretera = | | | |
| Terreno = | Montañoso | | |
| Volumen en la hora punta | 553,14 | (v/h) | |
| Inclinacion del tramo % = | 9,00% | | |
| Longitud del tramo = | 600 | m | |
| Características de la via.- | | | |
| Velocidad de proyecto = | 23,95 | (Km/h) | |
| Ancho de carril = | 3,5 | | |
| Berma = | 2 | | |
| % sin posibilidad de adelanta | 40% | | |
| Características de la Circulacion.- | | | |
| Reparto de trafico por sentidos = | | | |
| Compsicion del trafico: | | | |
| % Livianos = | 380,29 | 68,75 | 0,69 |
| % Camiones = | 148,29 | 26,81 | 0,27 |
| % V. Recreos = | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| % Autobuses = | 24,57 | 4,44 | 0,04 |
| Factor de hora punta = | 0,92 | | |

Calculo de la Capacidad (Intensidad).

$$ISi = V * \left(\frac{I}{c} \right) * fR * fA * fL * FVP$$

Relacion intensidad y capacidad para el nivel de servicio I/c , obtenida de la tabla 3-11. para pendientes especiales.

Tabla N° 3-11: Valores de la relación I/c^a , con relación a la velocidad, porcentaje de inclinación de la rampa y porcentaje de los tramos con prohibición de adelantar para rampas singulares.

| Porcentaje de Pendiente | Velocidad promedio en la pendiente (mi/h) | Porcentaje de Zonas de No Adelantamiento para | | | | | |
|-------------------------|---|---|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| 7 | 88 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 84 | 0.13 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.05 | 0.04 |
| | 80 | 0.34 | 0.27 | 0.22 | 0.18 | 0.15 | 0.12 |
| | 72 | 0.77 | 0.65 | 0.55 | 0.46 | 0.40 | 0.35 |
| | 68 | 0.86 | 0.75 | 0.67 | 0.60 | 0.54 | 0.48 |
| | 64 | 0.93 | 0.82 | 0.75 | 0.69 | 0.64 | 0.59 |
| | 56 | 1.00 | 0.91 | 0.87 | 0.82 | 0.79 | 0.76 |
| | 48 | 1.00 | 0.95 | 0.92 | 0.90 | 0.88 | 0.86 |

Ref. Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1994)

$lc = 0,92$

Factor de ajuste para el reparto por sentidos de la circulación fR , obtenida de la tabla 4-6.

| FACTOR DE AJUSTE POR REPARTO DE SENTIDO EN RAMPAS SINGULARES fR | |
|---|-------------------|
| % De trafico de subido. | Factor de ajuste. |
| 100 | 0,58 |
| 90 | 0,64 |
| 80 | 0,70 |
| 70 | 0,78 |
| 60 | 0,87 |
| 50 | 1,00 |
| 40 | 1,20 |
| ≤30 | 1,50 |

Fuente: HCM 1994.

$fR = 1$

Factor de ajuste para carriles y arcenes estrechos f_A ,

Factores de ajuste para el efecto combinado de la anchura de los carriles y arcenes, f_A

| Anchura útil del arcén ³ | CARRILES 3,6 m ^b | | CARRILES 3,3 m ^b | | CARRILES 3 m ^b | | CARRILES 2,7 m ^b | |
|-------------------------------------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|---------------------------|------|-----------------------------|------|
| | NIVEL SERVICIO. | | NIVEL SERVICIO. | | NIVEL SERVICIO. | | NIVEL SERVICIO. | |
| | A-D | E | A-D | E | A-D | E | A-D | E |
| 1,8 | 1 | 1 | 0,93 | 0,94 | 0,84 | 0,87 | 0,7 | 0,76 |
| 1,2 | 0,92 | 0,97 | 0,85 | 0,92 | 0,77 | 0,85 | 0,65 | 0,74 |
| 0,6 | 0,81 | 0,93 | 0,75 | 0,88 | 0,68 | 0,81 | 0,57 | 0,7 |
| 0 | 0,7 | 0,88 | 0,65 | 0,82 | 0,58 | 0,75 | 0,49 | 0,66 |

³ Cuando la anchura del arcén derecho es distinta a la del arcén izquierdo, tomar el valor medio.

^b Para el análisis de rampas especiales utilícese los factores del NS E para toda velocidad <74

$f_A =$ 1

Factor de ajuste para vehículos ligeros en pendientes f_L .

$$f_L = \frac{1}{1 + (P_L * IL)}$$

$P_L =$ 0,69 Proporción de vehículos ligeros en el tráfico de subida.

Factor de impedancia para vehículos calculados por la fórmula IL .

$$IL = 0.02(E - E_0)$$

Equivalente básico de vehículos ligeros para pendientes con una longitud y una velocidad E .

Tabla N° 3-11 Equivalente de vehículos ligeros para pendientes específicas en carreteras rurales de dos carriles, E y E0

| PENDIENTE % | LONGITUD DE LA PENDIENTE (metros) | VELOCIDAD PROMEDIO EN LA PENDIENTE (mi/h) | | | | | |
|-------------|-----------------------------------|---|------|------|------|------|------|
| | | 88 | 84 | 80 | 72 | 64 | 48 |
| 0 | Todas | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.3 |
| | 400 | 4.5 | 3.4 | 2.7 | 2.2 | 2.0 | 1.9 |
| | 800 | 7.9 | 5.7 | 4.2 | 3.2 | 2.7 | 2.4 |
| | 1200 | 14.5 | 9.1 | 6.3 | 4.3 | 3.6 | 3.0 |
| | 1600 | 31.4 | 16.0 | 10.0 | 6.1 | 4.8 | 3.8 |
| | 2400 | a | 39.5 | 23.5 | 11.5 | 8.4 | 5.8 |
| | 3200 | a | 88.0 | 46.0 | 22.8 | 15.4 | 8.2 |
| | 4800 | a | a | a | 66.0 | 38.5 | 16.1 |
| 7 | 6400 | a | a | a | a | a | 28.0 |

Ref. Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1994)

Interpolando para valores para una longitud de 700 m

$E =$ 2,1

Equivalente basico de vehiculos ligeros para una inclinacion 0 y una determinada velocidad E_0 .

Tabla N° 3-11 Equivalente de vehiculos ligeros para pendientes especificas en carreteras rurales de dos carriles, E y E_0

| PENDIENTE % | LONGITUD DE LA PENDIENTE (metros) | VELOCIDAD PROMEDIO EN LA PENDIENTE (mi/h) | | | | | |
|----------------|--|---|------|------|------|-----|-----|
| | | 88 | 84 | 80 | 72 | 64 | 48 |
| 0 | Todas | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.3 |
| 3 | 400 | 2.9 | 2.3 | 2.0 | 1.7 | 1.6 | 1.5 |
| | 800 | 3.7 | 2.9 | 2.4 | 2.0 | 1.8 | 1.7 |
| | 1200 | 4.8 | 3.6 | 2.9 | 2.3 | 2.0 | 1.9 |
| | 1600 | 6.5 | 4.6 | 3.5 | 2.6 | 2.3 | 2.1 |
| | 2400 | 11.2 | 6.6 | 5.1 | 3.4 | 2.9 | 2.5 |
| | 3200 | 19.8 | 9.3 | 6.7 | 4.6 | 3.7 | 2.9 |
| | 4800 | 71.0 | 21.0 | 10.8 | 7.3 | 5.6 | 3.8 |
| | 6400 | a | 48.0 | 20.5 | 11.3 | 7.7 | 4.9 |

Ref. Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1994)

$E_0 = 1,3$

Calculo factor de impedancia para vehiculos calculados por la formula IL .

$$IL = 0.02(2.1 - 1.3)$$

$IL = 0,016$

Factor de ajuste para vehiculos ligeros en pendientes fL .

$$fL = \frac{1}{1 + (0.73 * 0.012)}$$

$fL = 0,99$

Calculo Factor de ajuste por la presencia de vehiculos pesados en la circulacion de subida fVP .

$$f_{VP} = \frac{1}{1 + P_{VP}(E_{VP} - 1)}$$

$P_{VP} = 0,31$ Proporción total de vehiculos pesados (camiones + buses + recreo)

Equivalencia en vehiculos ligeros para la mezcla especifica de vehiculos pesados existentes en la circulacion de subida, calculada con la siguiente formula.

$$E_{VP} = 1 + (0.25 + P_{C/VP})(E - 1)$$

| | | |
|--|--------|---|
| $P_{C/VP} =$ | 0,86 | Proporcion de camiones entre los vehiculos pesados, es decir, porcentaje de camiones sobre el total de los pesados. |
| $E_{VP} = 1 + (0.25 + 0.9)(1.9 - 1)$ | | |
| $E_{VP} =$ | 2,22 | |
| Calculo Factor de ajuste por la presencia de vehiculos pesados en la circulacion de subida f_{VP}. | | |
| $f_{VP} = \frac{1}{1 + P_{VP}(2.035 - 1)}$ | | |
| $f_{vp} =$ | 0,72 | |
| Calculo de la Capacidad. | | |
| $ISi = V * \left(\frac{I}{c}\right) * fR * fA * fL * FVP$ | | |
| $IS =$ | 365,34 | v/h |
| Para la determinacion del Nivel de Servicio. | | |
| La relacion de la intensidad /volumen total. | | |
| Volumen en la hora punta | 553,14 | (v/h) |
| $\frac{IS}{V} =$ | 0,66 | |

Influencia de los vehículos pesados en sub tramos por pendientes de la Falda La Queñua.

| | | | |
|--|--------|-----------|------|
| Determinacion de la capacidad y el nivel de servicio de los tramos de la carretera la falda la queñua. Aplicando el manual de capacidades vial de los estados unidos HCM 1994. | | | |
| tramo 1: SAN LORENZO - EL TUNEL. (ENTRE LAS PROGRESIVAS 2+600 - 3+400) | | | |
| Datos del estudio de trafico del tramo y caracteristicas geometricas de la caretera. | | | |
| Descripcion de la carretera = | | | |
| Terreno = | | Montañoso | |
| Volumen en la hora punta = | 328,29 | (v/h) | |
| Inclinacion del tramo % = | 8,00% | | |
| Longitud del tramo = | 800 | m | |
| Caracteristicas de la via.- | | | |
| Velocidad de proyecto = | 24,15 | | |
| Ancho de carril = | 3,65 | | |
| Berma = | 0,85 | | |
| % sin posibilidad de adelantar= | 40% | | |
| Caracteristicas de la Circulacion.- | | | |
| Reparto de trafico por sentidos = | | | |
| Compsicion del trafico: | | | |
| % Livianos = | 194,57 | 59,27 | 0,59 |
| % Camiones = | 108,57 | 33,07 | 0,33 |
| % V. Recreos = | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| % Autobuses = | 25,14 | 7,66 | 0,08 |
| Factor de hora punta= | 0,91 | | |

Calculo de la Capacidad (Intensidad).

$$ISi = V * \left(\frac{I}{c} \right) * fR * fA * fL * FVP$$

Relacion intensidad y capacidad para el nivel de servicio I/c , obtenida de la tabla 3-11. para pendientes especiales.

Tabla N° 3-11: Valores de la relación I/c^a , con relación a la velocidad, porcentaje de inclinación de la rampa y porcentaje de los tramos con prohibición de adelantar para rampas singulares.

| Porcentaje de Pendiente | Velocidad promedio en la pendiente (mi/h) | Porcentaje de Zonas de No Adelantamiento para | | | | | |
|-------------------------|---|---|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| 7 | 88 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 84 | 0.13 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.05 | 0.04 |
| | 80 | 0.34 | 0.27 | 0.22 | 0.18 | 0.15 | 0.12 |
| | 72 | 0.77 | 0.65 | 0.55 | 0.46 | 0.40 | 0.35 |
| | 68 | 0.86 | 0.75 | 0.67 | 0.60 | 0.54 | 0.48 |
| | 64 | 0.93 | 0.82 | 0.75 | 0.69 | 0.64 | 0.59 |
| | 56 | 1.00 | 0.91 | 0.87 | 0.82 | 0.79 | 0.76 |
| | 48 | 1.00 | 0.95 | 0.92 | 0.90 | 0.88 | 0.86 |

Ref. Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1994)

$lc=$ 0,92

Factor de ajuste para el reparto por sentidos de la circulación fR , obtenida de la tabla 4-6.

| FACTOR DE AJUSTE POR REPARTO DE SENTIDO EN RAMPAS SINGULARES fR | |
|---|-------------------|
| % De trafico de subido. | Factor de ajuste. |
| 100 | 0,58 |
| 90 | 0,64 |
| 80 | 0,70 |
| 70 | 0,78 |
| 60 | 0,87 |
| 50 | 1,00 |
| 40 | 1,20 |
| ≤30 | 1,50 |

Fuente: HCM 1994.

$fR=$

1

Factor de ajuste para carriles y arcenes estrechos f_A ,

Factores de ajuste para el efecto combinado de la anchura de los carriles y arcenes, f_A

| Anchura útil del arcén ³ | CARRILES 3,6 m ^b | | CARRILES 3,3 m ^b | | CARRILES 3 m ^b | | CARRILES 2,7 m ^b | |
|-------------------------------------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|---------------------------|------|-----------------------------|------|
| | NIVEL SERVICIO. | | NIVEL SERVICIO. | | NIVEL SERVICIO. | | NIVEL SERVICIO. | |
| | A-D | E | A-D | E | A-D | E | A-D | E |
| 1,8 | 1 | 1 | 0,93 | 0,94 | 0,84 | 0,87 | 0,7 | 0,76 |
| 1,2 | 0,92 | 0,97 | 0,85 | 0,92 | 0,77 | 0,85 | 0,65 | 0,74 |
| 0,6 | 0,81 | 0,93 | 0,75 | 0,88 | 0,68 | 0,81 | 0,57 | 0,7 |
| 0 | 0,7 | 0,88 | 0,65 | 0,82 | 0,58 | 0,75 | 0,49 | 0,66 |

³ Cuando la anchura del arcén derecho es distinta a la del arcén izquierdo, tomar el valor medio.

^b Para el análisis de rampas especiales utilícense los factores del NS E para toda velocidad <7.

$f_A =$ 1

Factor de ajuste para vehículos ligeros en pendientes f_L .

$$f_L = \frac{1}{1 + (P_L * IL)}$$

$P_L =$ 0,59 Proporción de vehículos ligeros en el tráfico de subida.

Factor de impedancia para vehículos calculados por la fórmula IL .

$$IL = 0.02(E - E_0)$$

Equivalente básico de vehículos ligeros para pendientes con una longitud y una velocidad E .

Tabla N° 3-11 Equivalente de vehículos ligeros para pendientes específicas en carreteras rurales de dos carriles, E y E0

| PENDIENTE % | LONGITUD DE LA PENDIENTE (metros) | VELOCIDAD PROMEDIO EN LA PENDIENTE (mi/h) | | | | | |
|-------------|-----------------------------------|---|------|------|------|------|------|
| | | 88 | 84 | 80 | 72 | 64 | 48 |
| 0 | Todas | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.3 |
| 7 | 400 | 4.5 | 3.4 | 2.7 | 2.2 | 2.0 | 1.9 |
| | 800 | 7.9 | 5.7 | 4.2 | 3.2 | 2.7 | 2.4 |
| | 1200 | 14.5 | 9.1 | 6.3 | 4.3 | 3.6 | 3.0 |
| | 1600 | 31.4 | 16.0 | 10.0 | 6.1 | 4.8 | 3.8 |
| | 2400 | a | 39.5 | 23.5 | 11.5 | 8.4 | 5.8 |
| | 3200 | a | 88.0 | 46.0 | 22.8 | 15.4 | 8.2 |
| | 4800 | a | a | a | 66.0 | 38.5 | 16.1 |
| 6400 | a | a | a | a | a | 28.0 | |

Ref. Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1994)

Para valores para una longitud de 800 m

$E =$ 2,4

Equivalente basico de vehiculos ligeros para una inclinacion 0 y una determinada velocidad E_0 .

Tabla N° 3-11 Equivalente de vehículos ligeros para pendientes específicas en carreteras rurales de dos carriles, E y E_0

| PENDIENTE % | LONGITUD DE LA PENDIENTE (metros) | VELOCIDAD PROMEDIO EN LA PENDIENTE (mi/h) | | | | | |
|-------------|-----------------------------------|---|------|------|------|-----|-----|
| | | 88 | 84 | 80 | 72 | 64 | 48 |
| 0 | Todas | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.3 |
| 3 | 400 | 2.9 | 2.3 | 2.0 | 1.7 | 1.6 | 1.5 |
| | 800 | 3.7 | 2.9 | 2.4 | 2.0 | 1.8 | 1.7 |
| | 1200 | 4.8 | 3.6 | 2.9 | 2.3 | 2.0 | 1.9 |
| | 1600 | 6.5 | 4.6 | 3.5 | 2.6 | 2.3 | 2.1 |
| | 2400 | 11.2 | 6.6 | 5.1 | 3.4 | 2.9 | 2.5 |
| | 3200 | 19.8 | 9.3 | 6.7 | 4.6 | 3.7 | 2.9 |
| | 4800 | 71.0 | 21.0 | 10.8 | 7.3 | 5.6 | 3.8 |
| | 6400 | a | 48.0 | 20.5 | 11.3 | 7.7 | 4.9 |

$E_0 =$ 1,3

Calculo factor de impedancia para vehiculos calculados por la formula IL .

$$IL = 0.02(2.4 - 1.3)$$

$IL =$ 0,022

Factor de ajuste para vehiculos ligeros en pendientes fL .

$$fL = \frac{1}{1 + (0.63 * 0.022)}$$

$fL =$ 0,99

Calculo Factor de ajuste por la presencia de vehiculos pesados en la circulacion de subida fVP .

$$f_{VP} = \frac{1}{1 + P_{VP}(E_{VP} - 1)}$$

$P_{VP} =$ 0,41 Proporción total de vehiculos pesados (camiones + buses + recreo)

Equivalencia en vehiculos ligeros para la mezcla especifica de vehiculos pesados existentes en la circulacion de subida, calculada con la siguiente formula.

$$E_{VP} = 1 + (0.25 + P_{C/VP})(E - 1)$$

$P_{C/VP} =$

0,81

Proporcion de camiones entre los vehiculos pesados, es decir, porcentaje de camiones sobre el total de los pesados.

$$E_{VP} = 1 + (0.25 + 0.75)(2.4 - 1)$$

$E_{VP} =$

2,49

Calculo Factor de ajuste por la presencia de vehiculos pesados en la circulacion de subida f_{VP} .

$$f_{VP} = \frac{1}{1 + P_{VP}(2.035 - 1)}$$

$f_{VP} =$

0,62

Calculo de la Capacidad.

$$ISi = V * \left(\frac{I}{c}\right) * fR * fA * fL * FVP$$

$IS =$

223,77

v/h

Para la determinacion del Nivel de Servicio.

La relacion de la intensidad /volumen total.

Volumen en la hora punta = 328,29 (v/h)

$$\frac{IS}{V} = 0,68$$

NIVEL DE SERVICIO =

E

Determinacion de la capacidad y el nivel de servicio de los tramos de la carretera la falda la queñua. Aplicando el manual de capacidades vial de los estados unidos HCM 1994.

tramo 2: SAN LORENZO - EL TUNEL. (ENTRE LAS PROGRESIVAS 3+800 - 4+400)

Datos del estudio de trafico del tramo y características geometricas de la caretera.

Descripcion de la carretera =

| | | | |
|---------------------------|-----------|-------|--|
| Terreno = | Montañoso | | |
| Volumen en la hora punta | 355,14 | (v/h) | |
| Inclinacion del tramo % = | 7,34% | | |
| Longitud del tramo = | 500 | m | |

Características de la via.-

| | | | |
|----------------------------|-------|--------|--|
| Velocidad de proyecto = | 26,26 | (Km/h) | |
| Ancho de carril = | 3,65 | | |
| Berma = | 0,85 | | |
| % sin posibilidad de adela | 40% | | |

Características de la Circulacion.-

| | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|------|
| Reparto de trafico por sentidos = | | | |
| Compsicion del trafico: | | | |
| % Livianos = | 206,00 | 58,00 | 0,58 |
| % Camiones | 120,86 | 34,03 | 0,34 |
| % V. Recreos | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| % Autobuse | 28,29 | 7,96 | 0,08 |
| Factor de hora punta= | 0,91 | | |

Calculo de la Capacidad (Intensidad).

$$ISi = V * \left(\frac{I}{c} \right) * fR * fA * fL * FVP$$

Relacion intensidad y capacidad para el nivel de servicio I/c , obtenida de la tabla 3-11. para pendientes especiales.

Tabla N° 3-11: Valores de la relación I/c^a , con relación a la velocidad, porcentaje de inclinación de la rampa y porcentaje de los tramos con prohibición de adelantar para rampas singulares.

| Porcentaje de Pendiente | Velocidad promedio en la pendiente (mi/h) | Porcentaje de Zonas de No Adelantamiento para | | | | | |
|-------------------------|---|---|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| 7 | 88 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 84 | 0.13 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.05 | 0.04 |
| | 80 | 0.34 | 0.27 | 0.22 | 0.18 | 0.15 | 0.12 |
| | 72 | 0.77 | 0.65 | 0.55 | 0.46 | 0.40 | 0.35 |
| | 68 | 0.86 | 0.75 | 0.67 | 0.60 | 0.54 | 0.48 |
| | 64 | 0.93 | 0.82 | 0.75 | 0.69 | 0.64 | 0.59 |
| | 56 | 1.00 | 0.91 | 0.87 | 0.82 | 0.79 | 0.76 |
| | 48 | 1.00 | 0.95 | 0.92 | 0.90 | 0.88 | 0.86 |

Ref. Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1994)

$Ic=$ **0,92**

Factor de ajuste para el reparto por sentidos de la circulación fR , obtenida de la tabla 4-6.

| FACTOR DE AJUSTE POR REPARTO DE SENTIDO EN RAMPAS SINGULARES fR | |
|---|-------------------|
| % De trafico de subido. | Factor de ajuste. |
| 100 | 0,58 |
| 90 | 0,64 |
| 80 | 0,70 |
| 70 | 0,78 |
| 60 | 0,87 |
| 50 | 1,00 |
| 40 | 1,20 |
| ≤30 | 1,50 |

Fuente: HCM 1994.

$fR=$

1

Factor de ajuste para carriles y arcenes estrechos f_A ,

Factores de ajuste para el efecto combinado de la anchura de los carriles y arcenes, f_A

| Anchura útil del arcén ³ | CARRILES 3,6 m ^b | | CARRILES 3,3 m ^b | | CARRILES 3 m ^b | | CARRILES 2,7 m ^b | |
|-------------------------------------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|---------------------------|------|-----------------------------|------|
| | NIVEL SERVICIO. | | NIVEL SERVICIO. | | NIVEL SERVICIO. | | NIVEL SERVICIO. | |
| | A-D | E | A-D | E | A-D | E | A-D | E |
| 1,8 | 1 | 1 | 0,93 | 0,94 | 0,84 | 0,87 | 0,7 | 0,76 |
| 1,2 | 0,92 | 0,97 | 0,85 | 0,92 | 0,77 | 0,85 | 0,65 | 0,74 |
| 0,6 | 0,81 | 0,93 | 0,75 | 0,88 | 0,68 | 0,81 | 0,57 | 0,7 |
| 0 | 0,7 | 0,88 | 0,65 | 0,82 | 0,58 | 0,75 | 0,49 | 0,66 |

³ Cuando la anchura del arcén derecho es distinta a la del arcén izquierdo, tomar el valor medio.

^b Para el análisis de rampas especiales utilícese los factores del NS E para toda velocidad <7.

$f_A = 1$

Factor de ajuste para vehículos ligeros en pendientes f_L .

$$f_L = \frac{1}{1 + (P_L * IL)}$$

$P_L = 0,58$ Proporción de vehículos ligeros en el tráfico de subida.

Factor de impedancia para vehículos calculados por la fórmula IL .

$$IL = 0.02(E - E_0)$$

Equivalente básico de vehículos ligeros para pendientes con una longitud y una velocidad E .

Tabla N° 3-11 Equivalente de vehículos ligeros para pendientes específicas en carreteras rurales de dos carriles, E y E0

| PENDIENTE % | LONGITUD DE LA PENDIENTE (metros) | VELOCIDAD PROMEDIO EN LA PENDIENTE (mi/h) | | | | | |
|-------------|-----------------------------------|---|------|------|------|------|------|
| | | 88 | 84 | 80 | 72 | 64 | 48 |
| 0 | Todas | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.3 |
| | 400 | 4.5 | 3.4 | 2.7 | 2.2 | 2.0 | 1.9 |
| | 800 | 7.9 | 5.7 | 4.2 | 3.2 | 2.7 | 2.4 |
| 7 | 1200 | 14.5 | 9.1 | 6.3 | 4.3 | 3.6 | 3.0 |
| | 1600 | 31.4 | 16.0 | 10.0 | 6.1 | 4.8 | 3.8 |
| | 2400 | a | 39.5 | 23.5 | 11.5 | 8.4 | 5.8 |
| | 3200 | a | 88.0 | 46.0 | 22.8 | 15.4 | 8.2 |
| | 4800 | a | a | a | 66.0 | 38.5 | 16.1 |
| | 6400 | a | a | a | a | a | 28.0 |

Ref. Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1994)

Interpolando para valores para una longitud de 500 m

$E = 2,025$

Equivalente basico de vehiculos ligeros para una inclinacion O y una determinada velocidad E_o .

Tabla N° 3-11 Equivalente de vehiculos ligeros para pendientes especificas en carreteras rurales de dos carriles, E y E_0

| PENDIENTE % | LONGITUD DE LA PENDIENTE (metros) | VELOCIDAD PROMEDIO EN LA PENDIENTE (mi/h) | | | | | |
|----------------|--|---|------|------|------|-----|-----|
| | | 88 | 84 | 80 | 72 | 64 | 48 |
| 0 | Todas | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.3 |
| | 400 | 2.9 | 2.3 | 2.0 | 1.7 | 1.6 | 1.5 |
| | 800 | 3.7 | 2.9 | 2.4 | 2.0 | 1.8 | 1.7 |
| | 1200 | 4.8 | 3.6 | 2.9 | 2.3 | 2.0 | 1.9 |
| 3 | 1600 | 6.5 | 4.6 | 3.5 | 2.6 | 2.3 | 2.1 |
| | 2400 | 11.2 | 6.6 | 5.1 | 3.4 | 2.9 | 2.5 |
| | 3200 | 19.8 | 9.3 | 6.7 | 4.6 | 3.7 | 2.9 |
| | 4800 | 71.0 | 21.0 | 10.8 | 7.3 | 5.6 | 3.8 |
| | 6400 | a | 48.0 | 20.5 | 11.3 | 7.7 | 4.9 |

$E_o = 1,3$

Calculo factor de impedancia para vehiculos calculados por la formula IL .

$$IL = 0.02(2.025 - 1.3)$$

$IL = 0,0145$

Factor de ajuste para vehiculos ligeros en pendientes fL .

$$fL = \frac{1}{1 + (0.73 * 0.012)}$$

$fL = 0,99$

Calculo Factor de ajuste por la presencia de vehiculos pesados en la circulacion de subida fVP .

$$f_{VP} = \frac{1}{1 + P_{VP}(E_{VP} - 1)}$$

$P_{VP} = 0,42$ Proporción total de vehiculos pesados (camiones + buses + recreo)

Equivalencia en vehiculos ligeros para la mezcla especifica de vehiculos pesados existentes en la circulacion de subida, calculada con la siguiente formula.

$$E_{VP} = 1 + (0.25 + P_{C/VP})(E - 1)$$

$P_{C/VP} =$ 0,81 Proporcion de camiones entre los vehiculos pesados, es decir, porcentaje de camiones sobre el total de los pesados.

$$E_{VP} = 1 + (0.25 + 0.9)(1.9 - 1)$$

$E_{VP} =$ 2,09

Calculo Factor de ajuste por la presencia de vehiculos pesados en la circulacion de subida f_{VP} .

$$f_{VP} = \frac{1}{1 + P_{VP}(2.035 - 1)}$$

$f_{VP} =$ 0,69

Calculo de la Capacidad.

$$ISi = V * \left(\frac{I}{c}\right) * fR * fA * fL * FVP$$

$IS =$ 266,87 v/h

Para la determinacion del Nivel de Servicio.

La relacion de la intensidad /volumen total.

Volumen en la hora punta 355,14 (v/h)

$$\frac{IS}{V} = 0,75$$

NIVEL DE SERVICIO = E

Determinacion de la capacidad y el nivel de servicio de los tramos de la carretera la falda la queñua. Aplicando el manual de capacidades vial de los estados unidos HCM 1994.

tramo 3: SAN LORENZO - EL TUNEL. (ENTRE LAS PROGRESIVAS 4+800 - 6+200)

Datos del estudio de trafico del tramo y características geométricas de la carretera.

Descripcion de la carretera =

| | | | |
|---------------------------|-----------|-------|--|
| Terreno = | Montañoso | | |
| Volumen en la hora punta | 341,14 | (v/h) | |
| Inclinacion del tramo % = | 7,99% | | |
| Longitud del tramo = | 1400 | m | |

Características de la vía.-

| | | | |
|-------------------------------|-------|--------|--|
| Velocidad de proyecto = | 25,91 | (Km/h) | |
| Ancho de carril = | 3,65 | | |
| Berma = | 0,85 | | |
| % sin posibilidad de adelanta | 40% | | |

Características de la Circulación.-

| | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|------|
| Reparto de trafico por sentidos = | | | |
| Compsicion del trafico: | | | |
| % Livianos = | 202,57 | 59,38 | 0,59 |
| % Camiones | 114,86 | 33,67 | 0,34 |
| % V. Recreos | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| % Autobuses | 23,71 | 6,95 | 0,07 |
| Factor de hora punta= | 0,91 | | |

Calculo de la Capacidad (Intensidad).

$$ISi = V * \left(\frac{I}{c} \right) * fR * fA * fL * FVP$$

Relacion intensidad y capacidad para el nivel de servicio I/c , obtenida de la tabla 3-11. para pendientes especiales.

Tabla N° 3-11: Valores de la relación I/c^a , con relación a la velocidad, porcentaje de inclinación de la rampa y porcentaje de los tramos con prohibición de adelantar para rampas singulares.

| Porcentaje de Pendiente | Velocidad promedio en la pendiente (mi/h) | Porcentaje de Zonas de No Adelantamiento para | | | | | |
|-------------------------|---|---|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| 7 | 88 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 84 | 0.13 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.05 | 0.04 |
| | 80 | 0.34 | 0.27 | 0.22 | 0.18 | 0.15 | 0.12 |
| | 72 | 0.77 | 0.65 | 0.55 | 0.46 | 0.40 | 0.35 |
| | 68 | 0.86 | 0.75 | 0.67 | 0.60 | 0.54 | 0.48 |
| | 64 | 0.93 | 0.82 | 0.75 | 0.69 | 0.64 | 0.59 |
| | 56 | 1.00 | 0.91 | 0.87 | 0.82 | 0.79 | 0.76 |
| | 48 | 1.00 | 0.95 | 0.92 | 0.90 | 0.88 | 0.86 |

Ref. Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1994)

$lc=$ 0,92

Factor de ajuste para el reparto por sentidos de la circulación fR , obtenida de la tabla 4-6.

| FACTOR DE AJUSTE POR REPARTO DE SENTIDO EN RAMPAS SINGULARES fR | |
|---|--------------------------|
| % De trafico de subido. | Factor de ajuste. |
| 100 | 0,58 |
| 90 | 0,64 |
| 80 | 0,70 |
| 70 | 0,78 |
| 60 | 0,87 |
| 50 | 1,00 |
| 40 | 1,20 |
| ≤30 | 1,50 |

Fuente: HCM 1994.

$fR=$

1

Factor de ajuste para carriles y arcenes estrechos f_A ,

| Factores de ajuste para el efecto combinado de la anchura de los carriles y arcenes, f_A | | | | | | | | |
|--|-----------------------------|------|-----------------------------|------|---------------------------|------|-----------------------------|------|
| Anchura útil del arcén ³ | CARRILES 3,6 m ^b | | CARRILES 3,3 m ^b | | CARRILES 3 m ^b | | CARRILES 2,7 m ^b | |
| | NIVEL SERVICIO. | | NIVEL SERVICIO. | | NIVEL SERVICIO. | | NIVEL SERVICIO. | |
| | A-D | E | A-D | E | A-D | E | A-D | E |
| 1,8 | 1 | 1 | 0,93 | 0,94 | 0,84 | 0,87 | 0,7 | 0,76 |
| 1,2 | 0,92 | 0,97 | 0,85 | 0,92 | 0,77 | 0,85 | 0,65 | 0,74 |
| 0,6 | 0,81 | 0,93 | 0,75 | 0,88 | 0,68 | 0,81 | 0,57 | 0,7 |
| 0 | 0,7 | 0,88 | 0,65 | 0,82 | 0,58 | 0,75 | 0,49 | 0,66 |

³ Cuando la anchura del arcén derecho es distinta a la del arcén izquierdo, tomar el valor medio.

^b Para el análisis de rampas especiales utilícense los factores del NS E para toda velocidad <7.

$f_A =$ 1

Factor de ajuste para vehiculos ligeros en pendientes f_L .

$$f_L = \frac{1}{1 + (P_L * IL)}$$

$P_L =$ 0,59 Proporción de vehiculos ligeros en el trafico de subida.

Factor de impedancia para vehiculos calculados por la formula IL .

$$IL = 0.02(E - E_0)$$

Equivalente basico de vehiculos ligeros para pendientes con una longitud y una velocidad E .

Tabla N° 3-11 Equivalente de vehiculos ligeros para pendientes especificas en carreteras rurales de dos carriles, E y E0

| PENDIENTE % | LONGITUD DE LA PENDIENTE (metros) | VELOCIDAD PROMEDIO EN LA PENDIENTE (mi/h) | | | | | |
|-------------|-----------------------------------|---|------|------|------|------|------|
| | | 88 | 84 | 80 | 72 | 64 | 48 |
| 0 | Todas | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.3 |
| | 400 | 4.5 | 3.4 | 2.7 | 2.2 | 2.0 | 1.9 |
| 7 | 800 | 7.9 | 5.7 | 4.2 | 3.2 | 2.7 | 2.4 |
| | 1200 | 14.5 | 9.1 | 6.3 | 4.3 | 3.6 | 3.0 |
| | 1600 | 31.4 | 16.0 | 10.0 | 6.1 | 4.8 | 3.8 |
| | 2400 | a | 39.5 | 23.5 | 11.5 | 8.4 | 5.8 |
| | 3200 | a | 88.0 | 46.0 | 22.8 | 15.4 | 8.2 |
| | 4800 | a | a | a | 66.0 | 38.5 | 16.1 |
| | 6400 | a | a | a | a | a | 28.0 |

Ref. Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1994)

Interpolando para valores para una longitud de 1400 m

$E =$ 3,4

Equivalente basico de vehiculos ligeros para una inclinacion 0 y una determinada velocidad E_o .

Tabla N° 3-11 Equivalente de vehículos ligeros para pendientes específicas en carreteras rurales de dos carriles, E y E0

| PENDIENTE % | LONGITUD DE LA PENDIENTE (metros) | VELOCIDAD PROMEDIO EN LA PENDIENTE (mi/h) | | | | | |
|----------------|--|---|------|------|------|-----|-----|
| | | 88 | 84 | 80 | 72 | 64 | 48 |
| 0 | Todas | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.3 |
| | 400 | 2.9 | 2.3 | 2.0 | 1.7 | 1.6 | 1.5 |
| 3 | 800 | 3.7 | 2.9 | 2.4 | 2.0 | 1.8 | 1.7 |
| | 1200 | 4.8 | 3.6 | 2.9 | 2.3 | 2.0 | 1.9 |
| | 1600 | 6.5 | 4.6 | 3.5 | 2.6 | 2.3 | 2.1 |
| | 2400 | 11.2 | 6.6 | 5.1 | 3.4 | 2.9 | 2.5 |
| | 3200 | 19.8 | 9.3 | 6.7 | 4.6 | 3.7 | 2.9 |
| | 4800 | 71.0 | 21.0 | 10.8 | 7.3 | 5.6 | 3.8 |
| | 6400 | a | 48.0 | 20.5 | 11.3 | 7.7 | 4.9 |

$E_o = 1,3$

Calculo factor de impedancia para vehiculos calculados por la formula IL .

$$IL = 0.02(2.025 - 1.3)$$

$IL = 0,042$

Factor de ajuste para vehiculos ligeros en pendientes fL .

$$fL = \frac{1}{1 + (0.73 * 0.012)}$$

$fL = 0,99$

Calculo Factor de ajuste por la presencia de vehiculos pesados en la circulacion de subida fVP .

$$f_{VP} = \frac{1}{1 + P_{VP}(E_{VP} - 1)}$$

$P_{VP} = 0,41$ Proporcion total de vehiculos pesados (camiones + buses + recreo)

Equivalencia en vehiculos ligeros para la mezcla especifica de vehiculos pesados existentes en la circulacion de subida, calculada con la siguiente formula.

$$E_{VP} = 1 + (0.25 + P_{C/VP})(E - 1)$$

$P_{C/VP} =$ 0,83 Proporción de camiones entre los vehiculos pesados, es decir, porcentaje de camiones sobre el total de los pesados.

$$E_{VP} = 1 + (0.25 + 0.9)(1.9 - 1)$$

$E_{VP} =$ 3,59

Calculo Factor de ajuste por la presencia de vehiculos pesados en la circulacion de subida f_{VP} .

$$f_{VP} = \frac{1}{1 + P_{VP}(2.035 - 1)}$$

$f_{VP} =$ 0,49

Calculo de la Capacidad.

$$ISi = V * \left(\frac{I}{C}\right) * fR * fA * fL * FVP$$

$IS =$ 181,97 v/h

Para la determinacion del Nivel de Servicio.

La relacion de la intensidad /volumen total.

Volumen en la hora punta 341,14 (v/h)

$$\frac{IS}{V} = 0,53$$

NIVEL DE SERVICIO = D

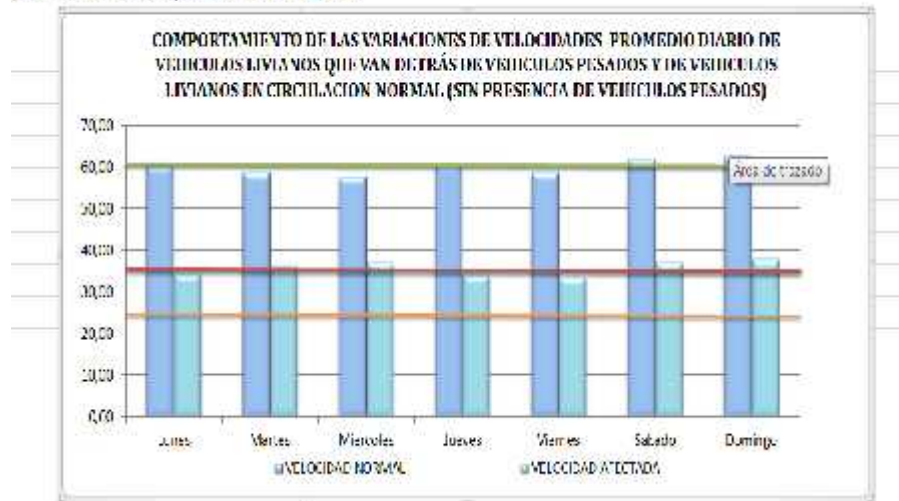
1.5 ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO EN SUB TRAMOS.

Análisis del comportamiento sub tramos 1 en el Aguarague.

Los resultados de este sub tramo 1 nos muestran las gráficas de las de las variaciones de las velocidades que circulan cuando van por detrás de los vehículos pesados y las velocidades que circulan en condiciones normales sin presencia de vehículos pesados y se puede observar en los días de la semana las variaciones diarias que sufren los vehículos livianos cuando hay presencia de los vehículos pesados.

FIGURA 4 - 16: Los Resultados de Variaciones de velocidades normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 1 del Aguarague.

Gráfica de las Variaciones de Velocidades que más en un promedio normal y las velocidades que son afectadas debido a la presencia de vehículos pesados del Sub Tramo 1.



Fuente: Elaboración Propia.

- Velocidad de diseño.
- Velocidad promedio de vehículos pesados.
- Velocidad promedio de variaciones.

Para el sub tramo 1 se puede observar en las gráficas que los vehículos livianos tienen el siguiente comportamiento: los días lunes, martes son los que menor velocidad tienen esto debido a que esos días es donde mayor flujo vehicular existe a diferencia de los días miércoles y jueves son donde mayor velocidades existen debido

menor flujo vehicular, vuelve a bajar las velocidades en viernes esto de igual manera al incremento del flujo vehicular, los fines de semana se ve notoriamente la disminución de vehículos pero sobre todo de los pesados, por lo tanto se observa que a menor pendiente mayor es la velocidad, tanto en condiciones normales de circulación (sin interrupción de vehículos pesados), como las velocidades que se ven afectadas por presencia de vehículos pesados, también se puede observar las variaciones de velocidad y tiempo en el tramo de las velocidades de circulación normal y las velocidades afectadas por presencia de vehículos pesados. Esto se debe a que los días lunes es donde mayor número de vehículos pesados inician sus viajes de mercancías, y los viernes es donde de igual mayor presencia de vehículos pesados existe debido a que tienen que llegar en fin de semana a Tarija ya que pueden entregar pedidos o comercializar sus mercancías. Las variaciones en comparación que se observa las velocidades promedio de diseño del tramo, las velocidades promedio de los vehículos livianos y las velocidades promedio de los vehículos pesados en la gráfica son los efectos negativos que provocan los vehículos pesados en pendientes ascendentes.

Para este sub tramo 1 se determinó que se encuentra en un nivel de servicio E, este nivel de servicio es solo para los vehículos pesados debido al descenso de la velocidades que son provocados por estos, pudiendo ser evidente la afectación que provocan estos vehículos en el nivel de servicio y su capacidad. El nivel de servicio que tienen los vehículos livianos es de un nivel B, se observa la diferencia de los niveles de servicio tanto para la circulación de los vehículos livianos como para los vehículos livianos.

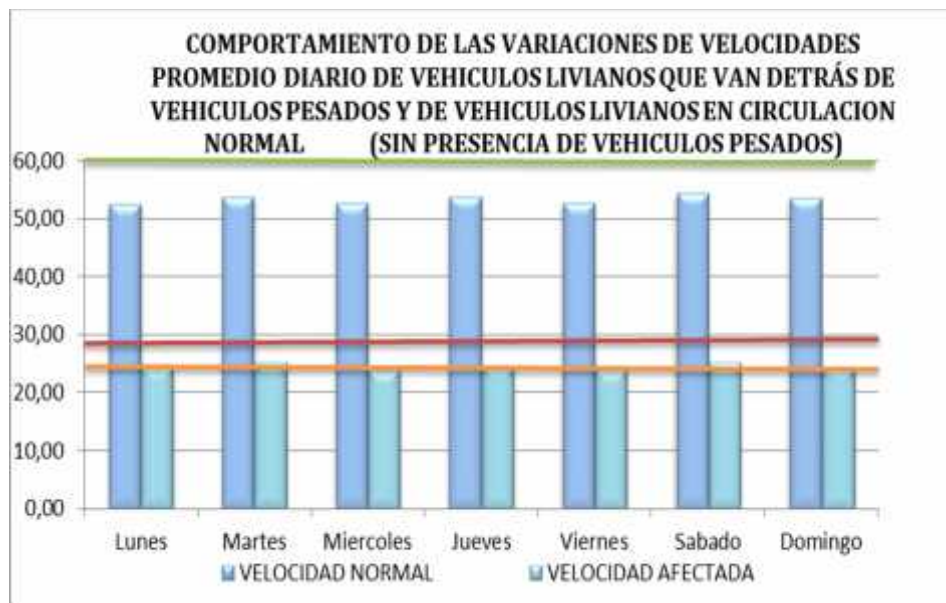
Análisis del comportamiento sub tramos 2 en el Aguarague.

Los resultados de este sub tramo 2 nos muestran las gráficas de las de las variaciones de las velocidades que circulan cuando van por detrás de los vehículos pesados y las velocidades que circulan en condiciones normales sin presencia de vehículos pesados




y se puede observar en los días de la semana las variaciones diarias que sufren los vehículos livianos cuando hay presencia de los vehículos pesados.

Para este sub 2 tramo se observa las gráficas de velocidades para ambas situaciones la primera sin presencia de vehículos pesados, y la segunda con presencia de vehículos pesados, en estas graficas se observa el comportamiento de los vehículos con respecto sus velocidades los días lunes, martes son los que menor velocidad tienen esto debido a que esos días es donde mayor flujo vehicular existe a diferencia de los días miércoles y jueves son donde mayor velocidades existen debido menor flujo vehicular, vuelve a bajar las velocidades en viernes esto de igual manera al incremento del flujo vehicular, los fines de semana se ve notoriamente la disminución de vehículos pero sobre todo de los pesados, con respecto a los livianos se mantienen debido a que carapari tiene un número considerable de habitantes contando con transporte inter provincial. se pude observar que mayor pendiente la velocidad es menor en ambas condiciones y también se las variaciones de tiempo y por lo tanto el perjuicio en tiempo que sufren los vehículos livianos con presencia de vehículos pesados.

FIGURA 4 - 17: Los Resultados de Variaciones de velocidades normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 2 del Aguarague.



Fuente: Elaboración Propia.

| | | | |
|---|--|--|--|
|  | Velocidad de diseño. | | |
|  | Velocidad promedio de vehiculos pesados. | | |
|  | Velocidad promedio de variaciones. | | |

Esto se debe a que los días lunes es donde mayor número de vehículos pesados inician sus viajes de mercancías, y los viernes es donde de igual mayor presencia de vehículos pesados existe debido a que tiene que llegar en fin de semana a Yacuiba ya que pueden entregar pedidos o comercializar sus mercancías ya que es una zona fronteriza.

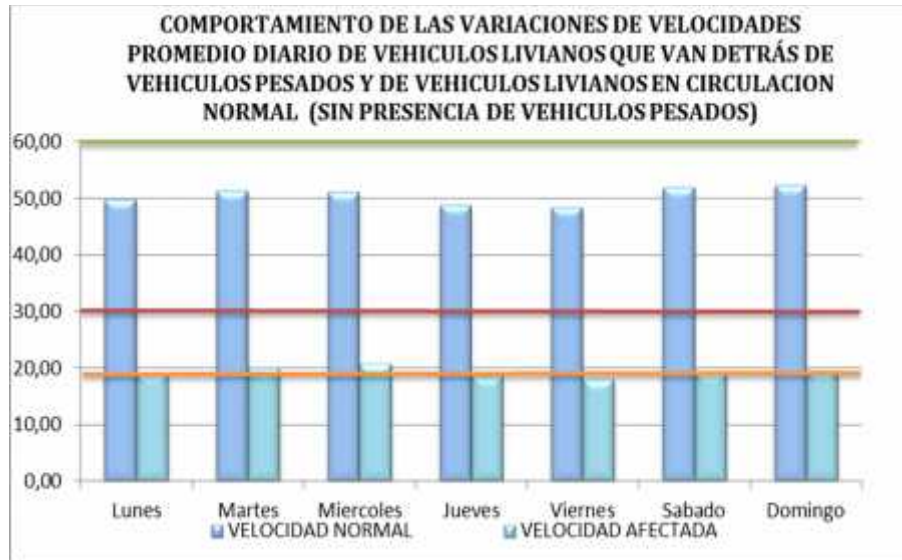
Las variaciones en comparación que se observa las velocidades promedio de diseño del tramo, las velocidades promedio de los vehículos livianos y las velocidades promedio de los vehículos pesados en la gráfica son los efectos negativos que provocan los vehículos pesados en pendientes ascendentes.

Para este sub tramo 2 se determinó que se encuentra en un nivel de servicio E, debido al descenso de las velocidades que son provocados por los vehículos pesados, donde es evidente el comportamiento y efectos negativos que provocan los vehículos pesados en pendientes ascendentes. El nivel de servicio para este tramo para la circulación de los vehículos livianos es de un nivel de servicio B.

Análisis del comportamiento sub tramos 3 en el Aguarague.

Los resultados de este sub tramo 3 nos muestran las gráficas de las de las variaciones de las velocidades que circulan cuando van por detrás de los vehículos pesados y las velocidades que circulan en condiciones normales sin presencia de vehículos pesados y se puede observar en los días de la semana las variaciones diarias que sufren los vehículos livianos cuando hay presencia de los vehículos pesados.

FIGURA 4 - 18: Los Resultados de Variaciones de velocidades normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 3 del Aguaraque.



Fuente: Elaboración Propia.

| | |
|--|--|
| | Velocidad de diseño. |
| | Velocidad promedio de vehiculos pesados. |
| | Velocidad promedio de variaciones. |

Para este sub tramo 3, que es el que mayor pendiente tiene en relación los otros sub tramos y por lo tanto se observa que las velocidades son menores en comparación con los otros dos sub tramos. En estas graficas se observa el comportamiento de los vehículos con respecto sus velocidades los días lunes, martes son los que menor velocidad tienen esto debido a que esos días es donde mayor flujo vehicular existe a diferencia de los días miércoles y jueves son donde mayor velocidades existen debido menor flujo vehicular, vuelve a bajar las velocidades en viernes esto de igual manera al incremento del flujo vehicular, los fines de semana se ve notoriamente la disminución de vehículos pero sobre todo de los pesados, con respecto a los livianos se mantienen debido a que carapari tiene un número considerable de habitantes contando con transporte inter provincial.

Esto se debe a que los días lunes es donde mayor número de vehículos pesados inician sus viajes de mercancías, y los viernes es donde de igual mayor presencia de vehículos pesados existe debido a que tiene que llegar en fin de semana a Yacuiba ya

que pueden entregar pedidos o comercializar sus mercancías ya que es una zona fronteriza.

Las variaciones en comparación que se observa las velocidades promedio de diseño del tramo, las velocidades promedio de los vehículos livianos y las velocidades promedio de los vehículos pesados en la gráfica son los efectos negativos que provocan los vehículos pesados en pendientes ascendentes.

Para este sub tramo 3 se determinó que se encuentra en un nivel de servicio E, debido al descenso de las velocidades que son provocados por los vehículos pesados, este tramo para la circulación de los vehículos livianos tiene un nivel de servicio B, el nivel de servicio E es solo para los vehículos pesados.

Análisis de resultados de las pendientes y las variaciones de velocidad en todo el tramo con sus tres sub tramos del carretero del Aguarague

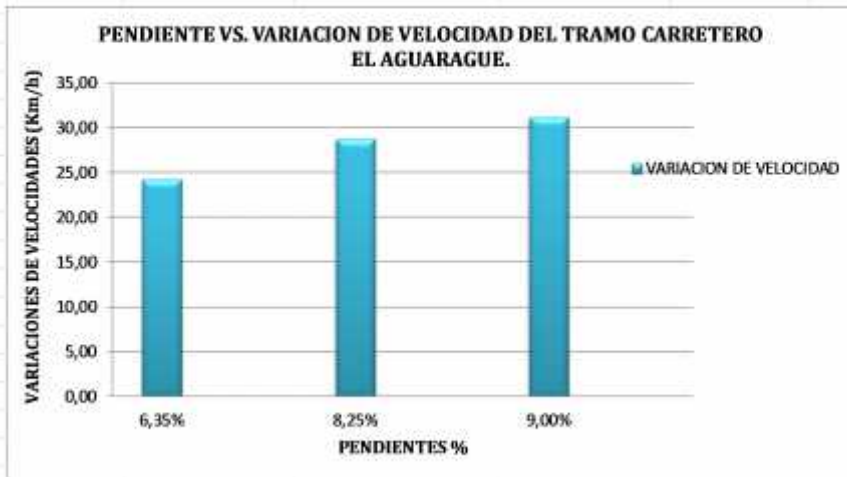
En esta grafica de muestra el comportamiento de las variaciones de las velocidades y las variaciones de tiempo con sus perspectivas pendientes en todo el tramo.

Planilla de Resultados de los tres Sub Tramos los cuales se encuentran dentro del Tramo de carretero del Aguarague.

| TRAMO | DISTANCIA DEL TRAMO (Km) | PENDIENTE DEL TRAMO (%) | VARIACION DE VELOCIDAD (Km/h) | VARIACION DE TIEMPO (s) |
|-------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| SUB TRAMO 1 | 0,22 | 6,35% | 24,24 | 9,15 |
| SUB TRAMO 2 | 0,30 | 8,25% | 28,80 | 23,29 |
| SUB TRAMO 3 | 0,27 | 9,00% | 31,20 | 29,89 |

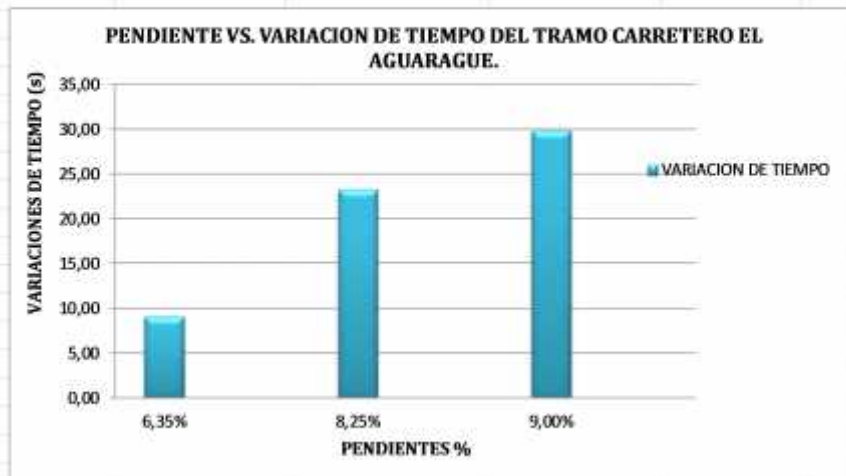
fuelle: propia.

Grafica del comportamiento en todo en tramo de carretero del Aguarague de los Sub tramos en estudio de las Pendientes con relacion a las Variaciones de Velocidades existentes en sus respectivos Sub Tramos.



fuentes: propia.

Grafica del comportamiento en todo en tramo de carretero del Aguarague de los Sub tramos en estudio de las Pendientes con relacion a las Variaciones de Tiempo existentes en sus respectivos Sub Tramos.



fuentes: propia.

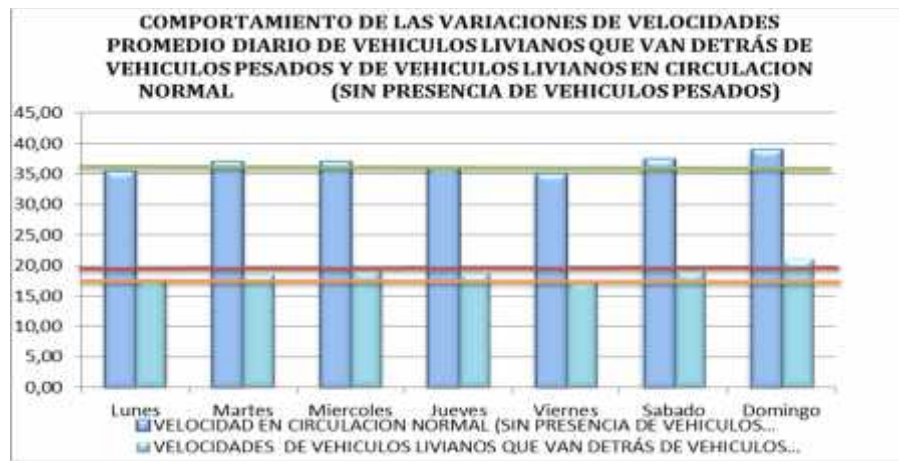
En esta grafica se puede demostrar que a mayor pendiente mayor serán las variaciones de la velocidad y que a menor pendiente menor serán las variaciones de la velocidad. Lo mismo sucede con el tiempo a mayor pendiente mayor será las variaciones de tiempo y que a menor pendiente menor será las variaciones de la velocidad en todo el tramo carretero del Aguarague.

Análisis del comportamiento en sub tramos de la Falda la Queñua.

Análisis del comportamiento en sub tramos 1 de la Falda la Queñua.

Los resultados de este sub tramo 1 nos muestran las gráficas de las de las variaciones de las velocidades que circulan cuando van por detrás de los vehículos pesados y las velocidades que circulan en condiciones normales sin presencia de vehículos pesados y se puede observar en los días de la semana las variaciones diarias que sufren los vehículos livianos cuando hay presencia de los vehículos pesados.

FIGURA 4 - 19: Los Resultados de Variaciones de velocidades normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 1 de la Falda La Queñua.



Fuente: Elaboración Propia.

- Velocidad promedio de vehículos livianos.
- Velocidad promedio de vehículos pesados.
- Velocidad promedio de variaciones.

Para este sub tramo 1 el comportamiento de las velocidades de los días de la semana varían de acuerdo al flujo vehicular de cada día de la semana, se pueden observar en el gráfico de las velocidades afectadas por la presencia de vehículos pesados, como es la variación de las velocidades en algunos días las velocidades son más elevadas que otros días, esto varía con el flujo vehicular, lo mismo sucede con las velocidades en condiciones normales, es decir sin presencia de vehículos pesados. Se puede observar que a mayor pendiente la velocidad es menor.

Esto se debe a que los días lunes es donde mayor número de vehículos pesados inician sus viajes de mercancías, y los viernes es donde de igual mayor presencia de vehículos pesados existe debido a que en fin de semana tienen que llegar mercados del norte del país para poder pueden entregar pedidos o comercializar sus mercancías ya que en los fines de semana es donde mayor venta en mercado existe. Las variaciones en comparación que se observa en la gráfica las velocidades promedio de diseño del tramo, las velocidades promedio de los vehículos livianos y las velocidades promedio de los vehículos pesados son los efectos negativos que provocan los vehículos pesados en pendientes ascendentes.

Para este sub tramo 1 se determinó que se encuentra en un nivel de servicio E, debido al descenso de la velocidades que son provocados por los vehículos pesados, pudiendo corroborar el grado de afectación que provocan estos vehículos en el nivel de servicio y su capacidad.




Análisis del comportamiento en sub tramos 2 de la Falda la Queñua.

Los resultados de este sub tramo 2 nos muestran las gráficas de las de las variaciones de las velocidades que circulan cuando van por detrás de los vehículos pesados y las velocidades que circulan en condiciones normales sin presencia de vehículos pesados y se puede observar en los días de la semana las variaciones diarias que sufren los vehículos livianos cuando hay presencia de los vehículos pesados.

FIGURA 4 - 20: Los Resultados de Variaciones de velocidades normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 2 de la Falda La Queñua.



Fuente: Elaboración Propia.

| | |
|---|---|
|  | Velocidad promedio de vehículos livianos. |
|  | Velocidad promedio de vehículos pesados. |
|  | Velocidad promedio de variaciones. |

Para este sub tramo 2, la pendiente es la menor en comparación a los demás sub tramos, y se verifica que las velocidades son más elevadas que los otros sub tramos, también se observa las gráficas de velocidades para ambas situaciones la primera sin presencia de vehículos pesados, y la segunda con presencia de vehículos pesados, en estas graficas se observa el comportamiento de los vehículos con respecto sus velocidades los días lunes, martes son los que menor velocidad tienen esto debido a que esos días es donde mayor flujo vehicular existe a diferencia de los días miércoles y jueves son donde mayor velocidades existen debido menor flujo vehicular, vuelve a bajar las velocidades en viernes esto de igual manera al incremento del flujo vehicular, los fines de semana se ve notoriamente la disminución de vehículos pero sobre todo de los pesados, con respecto a los livianos.

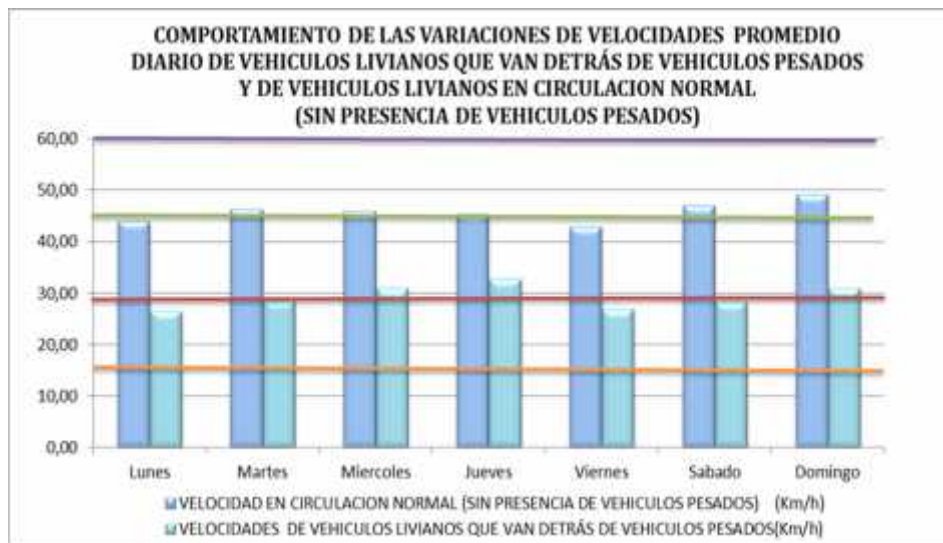
Esto se debe a que los días lunes es donde mayor número de vehículos pesados inician sus viajes de mercancías, y los viernes es donde de igual mayor presencia de vehículos pesados existe debido a que en fin de semana tienen que llegar mercados del norte del país para poder pueden entregar pedidos o comercializar sus mercancías ya que en los fines de semana es donde mayor venta en mercado existe. Las variaciones en comparación que se observa en la gráfica las velocidades promedio de diseño del tramo, las velocidades promedio de los vehículos livianos y las velocidades promedio de los vehículos pesados son los efectos negativos que provocan los vehículos pesados en pendientes ascendentes.

Para este sub tramo 2 se determinó que se encuentra en un nivel de servicio E, debido al descenso de la velocidades que son provocados por los vehículos pesados, pudiendo corroborar el grado de afectación que provocan estos vehículos en el nivel de servicio y su capacidad.

Análisis del comportamiento en sub tramos 3 de la Falda la Queñua.

Los resultados de este sub tramo 3 nos muestran las gráficas de las de las variaciones de las velocidades que circulan cuando van por detrás de los vehículos pesados y las velocidades que circulan en condiciones normales sin presencia de vehículos pesados y se puede observar en los días de la semana las variaciones diarias que sufren los vehículos livianos cuando hay presencia de los vehículos pesados.

FIGURA 4 - 21: Los Resultados de Variaciones de velocidades normales y las afectadas por vehículos pesados del sub tramo 3 de la Falda La Queñua.



Fuente: Elaboración Propia.

- Velocidad promedio de vehículos livianos.
- Velocidad promedio de vehículos pesados.
- Velocidad promedio de variaciones.

Para este sub tramo 3 el comportamiento de las velocidades de los días de la semana varían de acuerdo al flujo vehicular de cada día de la semana, los días lunes, martes y viernes se pueden observar en el gráfico de las velocidades afectadas por la presencia de vehículos pesados, son menores con relación a los días miércoles, jueves, sábado y domingo, esto sucede debido al flujo vehicular de la semana.

Esto se debe a que los días lunes es donde mayor número de vehículos pesados inician sus viajes de mercancías, y los viernes es donde de igual mayor presencia de vehículos pesados existe debido a que en fin de semana tienen que llegar mercados

del norte del país para poder pueden entregar pedidos o comercializar sus mercancías ya que en los fines de semana es donde mayor venta en mercado existe. Las variaciones en comparación que se observa en la gráfica las velocidades promedio de diseño del tramo, las velocidades promedio de los vehículos livianos y las velocidades promedio de los vehículos pesados son los efectos negativos que provocan los vehículos pesados en pendientes ascendentes.

Para este sub tramo 3 se determinó que se encuentra en un nivel de servicio E, debido al descenso de la velocidades que son provocados por los vehículos pesados, pudiendo corroborar el grado de afectación que provocan estos vehículos en el nivel de servicio y su capacidad.

Análisis de resultados de las pendientes y las variaciones de velocidad en todo el tramo con sus tres sub tramos del carretero del Aguarague

En esta grafica de muestra el comportamiento de las variaciones de las velocidades y las variaciones de tiempo con sus perspectivas pendientes en todo el tramo.

Planilla de Resultados de los tres Sub Tramos los cuales se encuentran dentro del Tramo de la Variante la Falda La Queñua.

| TRAMO | DISTANCIA DEL TRAMO (Km) | PENDIENTE DEL TRAMO (%) | VARIACION DE VELOCIDAD (Km/h) | VARIACION DE TIEMPO (s) |
|-------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| SUB TRAMO 1 | 0,33 | 8,00% | 17,89 | 29,76 |
| SUB TRAMO 2 | 0,26 | 7,34% | 16,60 | 11,51 |
| SUB TRAMO 3 | 0,56 | 7,99% | 17,85 | 28,54 |

Fuente : Propia

Grafica del comportamiento en todo en tramo de la Variante de la Falda la Queñua de los Sub tramos en estudio de las Pendientes con relacion a las Variaciones de Velocidades existentes en sus respectivos Sub Tramos.



Fuente : Propia

Grafica del comportamiento en todo el tramo de la Variante de la Falda la Queñua de los Sub tramos en estudio de las Pendientes con relación a las Variaciones de Tiempo existentes en sus respectivos Sub Tramos.



Fuente : Propia

En esta grafica se puede demostrar que a mayor pendiente mayor serán las variaciones de la velocidad y que a menor pendiente menor serán las variaciones de la velocidad. Lo mismo sucede con el tiempo a mayor pendiente mayor será las variaciones de tiempo y que a menor pendiente menor será la variaciones de la velocidad en todo el tramo carretero del Aguarague.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.1 CONCLUSIONES

Una vez concluido este estudio se puede dar las siguientes conclusiones.

- ⊕ Se ubicaron los sub tramos en los tramos del Aguarague, como el de la variante de la falda la Queñua, estos sub tramos tienen la particularidad de contar con pendientes ascendentes que oscilan entre los 6% a 9%, ubicándolos en terreno montañoso.
- ⊕ Se obtuvieron perfiles de variaciones de velocidad de los vehículos livianos y de velocidades de los vehículos pesados para ambos tramos carreteros tanto para la Variante la Falda la Queñua y el tramo del Aguarague. Determinando el comportamiento que tienen los vehículos pesados en el transcurso de una semana, se observa como es la influencia la presencia de estos vehículos en todo el tráfico en estas carreteras pudiéndose observar el comportamiento y efectos negativos que producen la presencia de vehículos pesados en la circulación en pendientes ascendentes.
- ⊕ En los perfiles de velocidad para ambas condiciones se puede observar que a mayor pendiente menor es la velocidad y en sub tramos de menor pendiente mayor es la velocidad.

Velocidades del tramo en el Aguarague con presencia de vehículos pesados y sin presencia de vehículos pesados.

| TRAMO | PENDIENTE % | VELOCIDAD PROMEDIO CON PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS | VELOCIDAD PROMEDIO SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS |
|-------------|-------------|---|---|
| SUB TRAMO 1 | 6,35% | 35,84 | 60,08 |
| SUB TRAMO 2 | 8,25% | 24,54 | 53,34 |
| SUB TRAMO 3 | 9,00% | 19,28 | 50,48 |

Velocidades del tramo en el Aguarague con presencia de vehículos pesados y sin presencia de vehículos pesados.

| TRAMO | PENDIENTE % | PROMEDIO CON PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS | VELOCIDAD PROMEDIO SIN PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS |
|--------------------|--------------------|--|--|
| SUB TRAMO 1 | 8 | 18,77 | 36,66 |
| SUB TRAMO 2 | 7,34 | 29,23 | 45,83 |
| SUB TRAMO 3 | 7,99 | 21,14 | 38,49 |

En estas tablas se observa en los dos tramos tanto en el tramo de la carretera del Aguarague como en la carretera de la variante de la falda la Queñua, que a mayor pendiente menor es la velocidad y que a menor pendiente mayor es la velocidad en ambas situaciones, en circulación condiciones una cuando el vehículo liviano va por detrás del vehículo pesado y la otra es cuando el vehículo liviano va en condiciones normales, es decir sin presencia de los vehículos pesados

- ⊕ Para el cálculo de la capacidad del flujo vehicular y su nivel de servicio se utilizó la metodología de la HCM 1994. Los resultados obtenidos de este estudio determinan que los niveles de servicio del Aguarague tienen un nivel E, y para la Variante de la falda la Queñua se determina niveles de servicio D y E, Pudiendo determinar los efectos negativos que provocan los vehículos pesados. Para estos tramos el nivel de servicio que presentan para la circulación de vehículos livianos sin presencia de los vehículos pesados es de un nivel B, la presencia de estos vehículos en pendientes ascendentes hace que exista esta reducción de niveles de servicio ya que un nivel de servicio E define las condiciones de circulación existentes en carreteras de dos carriles cuando se produce un porcentaje de demora en tiempo superior al 75 por ciento. Bajo condiciones ideales las velocidades bajarán de los 80 km/h. Las velocidades medias en carreteras con condiciones por debajo de las ideales serán más bajas, llegando incluso a 40 km/h en pendientes ascendentes, en este estudio las velocidades oscilan entre 20 y 40 Km/h, provocando grandes variaciones de velocidad.

⊕ Los resultados que muestra este estudio con el comportamiento y efectos negativos que provocan la presencia de los vehículos pesados en pendiente ascendentes. Se pueden dar soluciones dos tipos de soluciones tanto operacionales como físicas. En las físicas se puede proponer para futuras carreteras de pendientes similares proyectar diseños de carriles auxiliares solo para circulación de vehículos pesado, todo esto para evitar las reducciones tan bruscas de velocidades provocadas por la presencia de vehículos pesados. Con respecto a las operacionales restringir las salidas de vehículos livianos en horas picos de los vehículos pesados estas horas picos son de 7am a 8 am y de 4pm hasta 6pm, estas horas pico se las muestra en las tablas de aforo vehicular en los anexos. Este comportamiento se las salidas de los vehículos pesados se deben a condiciones del motor ya que estos horarios son óptimos para la eficiencia del motor de los vehículos pesados.

1.2 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que puedo dar para este estudio son las siguientes:

- ⊕ Para la elección de los sub tramos en estudio es importante una vez obtenidos estos mediante un plano digital o el Google Eart, ir al lugar de estudio y verificar si los sub tramos ya elegidos se encuentran en buenos lugares, que tengan visibilidad para poder tomar los datos de campo, ya que una vez que se observa el lugar recién se puede determinar los verdaderos sub tramos en estudio.
- ⊕ Es recomendable antes de tomar los datos de campo realizar planillas muy bien elaboradas y revisadas, cerciorándose que estén todos los datos a ser medidos, ya que una vez en el campo es difícil tomar datos si la planilla está mal elaborada.
- ⊕ Los valores obtenidos con este estudio de carreteras de dos carriles, pueden ser tomados en cuenta para determinar parámetros en dichas vías y de esta manera, permita brindar herramientas para el planeamiento o para implementaciones las cuales se quieran realizar a futuro.
- ⊕ Se recomienda la que para aplicación de la metodología HCM 1994 en vías, en las cuales las velocidades no sean tan elevadas o en vías en las cuales la velocidad no sea un factor principal a considerar ya que se tomaran los datos más próximos de las tablas que se utilizan para esta metodología.
- ⊕ Es importante una vez obtenidos los resultados analizarlos con gran detalle ya son los resultados de todo un estudio realizado.

