

CAPITULO I INTRODUCCION

1.1 Introducción.

El creciente uso de los vehículos de carga en las carreteras es una acción de las empresas para reducir sus costos de operación, sin embargo, es necesario evaluar el efecto que causan estos vehículos de gran tonelaje y longitud a la carretera.

El estudio se debe realizar en base:

- Seguridad - análisis de la contribución de los vehículos de carga para aumentar el número y / o gravedad de los accidentes y la evaluación de los procedimientos del proyecto geométrico con respecto al uso de estos nuevos vehículos.
- Baja - Adecuación de diseño de pavimentos, como actualmente se realiza, y los efectos de los vehículos de carga en su desgaste.
- Puentes y viaductos - la compatibilidad vehículos de carga con diversas normas de diseño utilizado en la construcción de las estructuras existentes en una carretera interoceánica.

Es importante definir con claridad el tipo de vehículos de carga a los que se denomina de gran capacidad de carga y que se están propiciando, como los bitrenes/rodotrenes.

El Bitren es un vehículo cuya configuración está conformada por una unidad tractora y dos equipos arrastrados biarticulados entre sí por un plato-acople tipo B (plato de arrastre o quinta rueda). Tiene un largo total permitido de 30,25 m y una capacidad de carga de 50 a 55 toneladas dependiendo del carrozado y del tractor utilizado, el peso bruto total permitido es hasta 75 toneladas con dos semirremolques de 3 ejes, permitiendo mejor distribución de la carga y disminuyendo el daño a rutas y caminos.

Por lo tanto, para fines de diseño es necesario examinar todo tipo de vehículos, seleccionándolos en las clases y el establecimiento de la representación de los tamaños vehículos dentro de cada clase. La gran variedad de vehículos existentes conduce a elegir los tipos representativos en tamaño y maniobra, superior a la mayor parte de su clase. Para

estos vehículos es dado el diseño de la designación de los vehículos, que se definen como vehículos cuyo peso, dimensiones y características de funcionamiento proporcionan la base para establecer los parámetros del diseño de la carretera.

Las características del diseño de los vehículos recomendados por AASHTO (American Asociación de Carreteras Estatales y Transporte Funcionarios), norma para la introducción en el arte de los proyectos de carreteras, guiará la fijación de elementos de control.

1.2 Justificación.

Son numerosas posibilidades de operación de carreteras interoceánicas en Suramérica, pero son pocas las que cumplen con las características de diseño para que puedan operar correctamente. Las carreteras interoceánicas o transcontinentales son las interconexiones entre los océanos Atlántico y Pacífico, a través del subcontinente, que vinculan a los países sin litoral marítimo siendo el caso de Bolivia.

Realizar este estudio del efecto del bitren en aspectos geométricos y de tráfico permitirá establecer los parámetros necesarios para la circulación de dicho vehículo.

Este estudio tendrá un aporte académico por los conocimientos que se brindara acerca del efecto del bitren en una carretera que no ha sido diseñada para la circulación de este tomando en cuenta sus características, como ser la longitud y el peso bruto y realizando un rediseño de 50 km aproximadamente del tramo más desfavorable en la carretera Padcaya – Bermejo en base a las características del vehículo tipo.

El Bitren es un vehículo que actualmente circula en carreteras bioceánicas e interoceánicas, siendo este último caso nuestra carretera del tramo en estudio.

El estudio servirá como un documento referente para consultores e instituciones que están encargados del diseño y construcción de carreteras interoceánicas para tomar en cuenta al momento de determinar los valores de carga en el dimensionamiento o en todo caso para el rediseño de la carretera.

1.3 Planteamiento del problema.

1.3.1 Situación Problemática.

Las carreteras de un país como ser el nuestro no nacen como carreteras interoceánicas, sino nacen de las carreteras fundamentales, departamentales con normativas nacionales.

Al pasar el tiempo la carretera adquiere mayor circulación de tráfico y llega a ser parte de una carretera interoceánica entonces surge el problema con su geometría que no fue diseñada para ese tipo de carretera.

Al no haber sido diseñada dicha carretera con mira hacia el futuro para la circulación de un vehículo con grandes dimensiones y gran carga de tonelajes como ser el Bitren ocasiona problemas en aspectos geométricos entre ellos está el radio mínimo, el peralte, el sobreebanco y otros, y en aspectos de tráfico en el tramo Emborozu - Km. 19 se encuentran la mayoría de las curvas que posiblemente no cumplan con los requisitos para el Bitren.

1.3.2 Problema.

¿De qué manera se puede demostrar a través del análisis geométrico y de tráfico en el tramo Padcaya – Bermejo, que el diseño geométrico actual de construcción permita la circulación de los vehículos Bitren?

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo General.

Realizar el análisis del efecto del Bitren en aspectos geométricos y de tráfico en carreteras interoceánicas aplicado en el tramo Padcaya – Bermejo.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Analizar los aspectos generales y geométricos del tramo Padcaya – Bermejo con los planos adquiridos.
- Ubicar el tramo de estudio tomando en cuenta el tramo más desfavorable entre Padcaya - Bermejo.
- Describir las características geométricas y de tráfico del tramo en estudio evaluando las condiciones considerando vehículo tipo Bitren.
- Determinar el efecto en geometría y tráfico del vehículo tipo Bitren en base a cálculos geométricos.
- Realizar un rediseño geométrico aplicando como vehículo tipo el bitren.
- Analizar los resultados obtenidos en el tramo comparando con la carretera actual.
- Obtener el volumen de corte y relleno necesarios en cada curva.
- Analizar un precio aproximado del costo que será necesario para realizar el rediseño tomando en cuenta todos los factores que influyen en la carretera.

1.5 Hipótesis

Realizando la medición en campo de los sobrecanchos actuales y los radios de las curvas del tramo evaluado se podrá verificar si todas o algunas curvas necesitaran una ampliación de la carretera que permitirá identificar las consecuencias en la geometría si se considera un vehículo tipo Bitren para el diseño geométrico.

1.6 Diseño Metodológico.

1.6.1 Componentes.

- **Unidad.**
Estudio de los aspectos geométricos y de tráfico en carreteras interoceánicas.
- **Población.**
Carreteras interoceánicas que pasan por el departamento de Tarija.

- **Muestra.**

Carretera interoceánica en el tramo Padcaya – Bermejo.

- **Muestreo.**

Tramo Emborozú – Km. 19.

1.6.2 Métodos.

- **Método inductivo.**

Este método se refiere al movimiento del pensamiento que va de los hechos particulares a afirmaciones de carácter general. Esto implica pasar de los resultados obtenidos de observaciones o experimentos (que se refieren siempre a un número limitado de casos) al planteamiento de hipótesis, leyes y teorías que abarcan no solamente los casos de los que se partió, sino a otros de la misma clase; es decir generaliza los resultados (pero esta generalización no es mecánica, se apoya en las formulaciones teóricas existentes en la ciencia respectiva) y al hacer esto hay una superación, un salto en el conocimiento al no quedarnos en los hechos particulares sino que buscamos su comprensión más profunda en síntesis racionales (hipótesis, leyes, teorías).

- **Método deductivo.**

El método deductivo es el que permite pasar de afirmaciones de carácter general a hechos particulares. Proviene de deductivo que significa descender.

En este proceso deductivo tiene que tomarse en cuenta la forma como se definen los conceptos (los elementos y relaciones que comprenden) y se realiza en varias etapas de intermediación que permite pasar de afirmaciones generales a otras más particulares hasta acercarse a la realidad concreta a través de indicadores o referentes empíricos.

En el tema de proyecto se aplicaran los dos tipos de métodos, por ser el caso del método inductivo esta aplicado a los parámetros geométricos y de tráfico específicos para carreteras interoceánicas por lo tanto en el tramo en estudio se induce necesario un rediseño y en el transcurso del análisis se puede llegar a deducir que probablemente existirán tramos de la carretera actual que llegaran a cumplir con las características específicas para la circulación del bitren a pesar de no haber sido construida con este fin, es ahí donde estará aplicado el método deductivo.

1.6.3 Técnicas.

Las técnicas de recolección de información son procedimientos especiales utilizados para obtener y evaluar las evidencias necesarias, suficientes y competentes que le permitan formar un juicio profesional y objetivo, que facilite la calificación de los hallazgos detectados en la materia examinada.

Las técnicas de recolección de información se clasifican en:

Verbales: Las técnicas verbales pueden ser entrevistas, encuestas y Cuestionarios.

Oculares: Las técnicas oculares se clasifican de la forma siguiente: Observación, comparación o confrontación, revisión selectiva y rastreo.

Documentales: Estas pueden ser comprobación y revisión analítica.

Físicas: Reconocimiento real sobre hechos o situaciones dadas en tiempo y espacio determinados y se emplea como técnica de la inspección.

Escritas: Esta técnica se aplica de las formas siguientes: Análisis, conciliación, confirmación, cálculo y tabulación.

Para llegar al objetivo de este proyecto se hará una recolección de información documental (libros y planos) y escrita.

1.6.4 Tratamiento Estadístico.

Para el tema a realizar los únicos datos estadísticos a necesitar serán:

Media aritmética.

La media aritmética se define como la suma de todos los datos dividida entre el número total de estos. Como habitualmente dispondremos de una tabla de datos con sus frecuencias, aplicaremos:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{N}$$

Moda

Se define la moda como el valor de la variable estadística que tiene la frecuencia absoluta más alta.

Varianza

La varianza es la media aritmética del cuadrado de las desviaciones respecto a la media de una distribución estadística.

$$\sigma^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{N}$$

1.6.5 Alcance.

En este proyecto del efecto del bitren en aspectos geométricos y de tráfico en carreteras interoceánicas en el tramo Padcaya – Bermejo, se planteará cuatro capítulos, cada uno con sus respectivos subtítulos.

El Capítulo I será la introducción se tomará en cuenta los siguientes aspectos: Introducción, justificación, planteamiento del problema subdividido en: situación problemática, problema, otro de los puntos en el capítulo serán los objetivos generales y específicos, diseño metodológico, componentes, métodos, técnicas y tratamiento estadístico.

El Capítulo II constará de todo el marco teórico uno de los subtítulos será los aspectos generales de las carreteras interoceánicas: definición de carreteras, clasificación de carreteras, según administración, según transitabilidad, según condiciones técnicas, componentes de la carretera, elementos geométricos de la carretera, parámetros geométricos, definición de carreteras interoceánicas, carreteras interoceánicas en Sudamérica, carreteras interoceánicas que pasan por Bolivia y relación entre carreteras y carreteras interoceánicas. También se tratará como otro punto principal el vehículo tipo en carreteras y el bitren formado por los siguientes subsubtítulos: características de los vehículos tipo, clasificación del tránsito por tipo de vehículo, dimensiones de los vehículos, definición del bitren, tipos de bitren, aspectos geométricos y los aspectos de tráfico.

En el Capítulo III se hará el relevamiento de la información y análisis e interpretación de los resultados estará conformado por los siguientes puntos la ubicación del tramo en

estudio, sus características del tramo Padcaya – Bermejo, parámetros de diseño en la carretera actual, el análisis de los parámetros de diseño de la carretera actual, se realizara la evaluación de la geometría del tramo en estudio, después se hará la valoración del diseño actual considerando vehículo tipo bitren, el rediseño geométrico en base al vehículo tipo bitren y finalmente el análisis de resultados.

Por último, el Capítulo IV de conclusiones y recomendaciones.

El Proyecto a realizarse estará compuesto por todos los capítulos ya nombrados para lograr obtener un resultado que satisfaga con el objetivo principal de análisis y también se lograra verificar si los radios de curva y los sobreeanchos en la carretera actual necesitan un rediseño en base al radio de giro del vehículo tipo Bitren.

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1 Aspectos generales de las carreteras interoceánicas.

2.1.1 Definición de Carreteras.

Una carretera es un sistema de transporte que permite la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo y que requiere de cierto nivel de seguridad, rapidez y comodidad. Puede ser de una o varias calzadas, cada calzada puede estar conformada por uno o varios carriles y tener uno o ambos sentidos de circulación, de acuerdo a los volúmenes en la demanda del tránsito, la composición vehicular, su clasificación funcional y distribución direccional.

2.1.2 Clasificación de Carreteras.

Las carreteras se han clasificado de diferentes maneras en diferentes lugares del mundo, ya sea con arreglo al fin que con ellas se persigue o por su transitabilidad.

En la práctica vial se pueden distinguir varias clasificaciones dadas en otros países. Ellas son: según administración, transitabilidad y condiciones técnicas.

2.1.2.1 Según Administración.

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:

1. Red fundamental.
2. Redes departamentales.
3. Redes municipales.

La red fundamental está bajo la responsabilidad de la Administración Boliviana de Carreteras, la red departamental está bajo la responsabilidad de las prefecturas y las redes municipales bajo la responsabilidad de las alcaldías.

2.1.2.2 Según Transitabilidad.

La clasificación por su transitabilidad corresponde a las etapas de construcción de las carreteras y se divide en:

- 1. Terracerías:** cuando se ha construido una sección de proyecto hasta su nivel de subrasante transitable en tiempo de secas.
- 2. Revestida:** cuando sobre la subrasante se ha colocado ya una o varias capas de material granular y es transitable en todo tiempo.
- 3. Pavimentada:** cuando sobre la subrasante se ha construido ya totalmente el pavimento.

2.1.2.3 Según Condiciones Técnicas.

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

- Carreteras: Autopistas, Autorrutas y Primarias.
- Caminos: Colectores, Locales y de Desarrollo.

Cada categoría se subdivide según las Velocidades de Proyecto consideradas al interior de la categoría. Las V_p más altas corresponden a trazados en terrenos llanos, las intermedias en terrenos ondulados y las más bajas a terreno montañoso o cuyo entorno presenta limitaciones severas para el trazado. El alcance general de dicha terminología es:

Terreno Llano: Está constituido por amplias extensiones libres de obstáculos naturales y una cantidad moderada de obras construidas por el hombre, lo que permite seleccionar con libertad el emplazamiento del trazado haciendo uso de muy pocos elementos de características mínimas.

El relieve puede incluir ondulaciones moderadas de la rasante para minimizar las alturas de cortes y terraplenes; consecuentemente la rasante de la vía estará comprendida mayoritariamente entre $\pm 3\%$.

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

Terreno Montañoso: Está constituido por cordones montañosos o “Cuestas”, en las cuales el trazado salva desniveles considerables en términos absolutos. La rasante del proyecto presenta pendientes sostenidas de 4 a 9%, según la Categoría del Camino, ya sea subiendo o bajando. La planta está controlada por el relieve del terreno (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.

En trazados por donde se atraviesan zonas urbanas o suburbanas, salvo casos particulares, no es el relieve del terreno el que condiciona el trazado, siendo el entorno de la ciudad, barrio industrial, uso de suelo, etc., el que los impone. Situaciones normalmente reguladas por el Plan Regulador y su Seccional correspondiente.

Tabla 1: CLASIFICACIÓN FUNCIONAL PARA DISEÑO CARRETERAS Y CAMINOS RURALES

CATEGORIA		SECCION TRANSVERSAL		VELOCIDADES DE PROYECTO (km/h)	CODIGO TIPO
		Nº CARRILES	Nº CALZADAS		
AUTOPISTA	(O)	4 ó + UD	2	120 - 100 - 80	A (n) - xx
AUTORUTA	(I.A)	4 ó + UD	2	100 - 90 - 80	AR (n) - xx
PRIMARIO	(I.B)	4 ó + UD	2 (1)	100 - 90 - 80	P (n) - xx
		2 BD	1	100 - 90 - 80	P (2) - xx
COLECTOR	(II)	4 ó + UD	2 (1)	80 - 70 - 60	C (n) - xx
		2 BD	1	80 - 70 - 60	C (2) - xx
LOCAL	(III)	2 BD	1	70 - 60 - 50 - 40	L (2) - xx
DESARROLLO		2 BD	1	50 - 40 - 30*	D - xx

- UD: Unidireccionales (n) Número Total de Carriles
 - BD: Bidireccionales - xx Velocidad de Proyecto (km/h)
 * Menor que 30 km/h en sectores puntuales conflictivos

Fuente: Manual de carreteras. Edición 2004

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

La definición conceptual de las categorías se presenta en los siguientes Literales y un resumen integrado con la funcionalidad de la vía, en la Tabla 3.

a. Autopista (O)

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

Están destinadas a servir prioritariamente al tránsito de paso, al que se asocian longitudes de viaje 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.

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

b. Autorrutas (I.A)

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

Están destinadas principalmente al tránsito de paso, de larga distancia, pero en muchos subtramos sirven igualmente al tránsito interurbano entre localidades próximas entre sí.

Podrán circular por ellas toda clase de vehículos motorizados incluso aquellos que para hacerlo deban contar con una autorización especial, y que no estén expresamente prohibidos o cuyo tipo de rodado pueda deteriorar la calzada.

La sección transversal deberá contar con al menos dos carriles unidireccionales por calzada debiendo existir un cantero central entre ambas cuyas dimensiones mínimas se especifican.

Las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano - 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.

c. Carreteras primarias (I.B)

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

La sección transversal puede estar constituida por carriles unidireccionales separadas por un cantero 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: VELOCIDADES DE DISEÑO PARA CARRETERAS PRIMARIAS

	Terreno Llano y Ond. Fuerte	Terreno Montañoso
Calzadas Unidireccionales	100 – 90 km/h	80 km/h
Calzadas Bidireccionales	100 – 90 km/h	80 km/h

Fuente: Manual de Carreteras. Edición 2004

d. Caminos colectores (II)

Son caminos que sirven tránsitos de mediana y corta distancia, a los cuales acceden numerosos caminos locales o de desarrollo. El servicio al tránsito de paso y a la propiedad colindante tiene una importancia similar. Podrán circular por ellos toda clase de vehículos motorizados. En zonas densamente pobladas se deberán habilitar carriles auxiliares destinados a la construcción de ciclovías.

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

- Terreno Llano - 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 Ciclovías.

e. Caminos locales (III)

Son caminos que se conectan a los Caminos Colectores. Están destinados a dar servicio preferentemente a la propiedad adyacente. Son pertinentes las Ciclovías.

La sección transversal prevista consulta dos carriles bidireccionales de las dimensiones especificadas 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

f. Caminos de desarrollo

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

Las velocidades referenciales de proyecto son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 50 y 40 km/h
- Terreno Ondulado Fuerte a Montañoso 30 km/h

Tabla 3: CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE LAS CARRETERAS Y CAMINOS SEGÚN LA CLASIFICACIÓN FUNCIONAL

2.1.3 Elementos Geométricos de la Carretera.

Los elementos que definen la geometría de la carretera son:

- a) La velocidad de diseño seleccionada.
- b) La distancia de visibilidades necesarias.
- c) La estabilidad de la plataforma de la carretera, de las superficies de rodadura, de los puentes, de las obras de arte y de los taludes.
- d) Vehículo de diseño.

En la aplicación de los requerimientos geométricos que imponen los elementos mencionados, se tiene como resultante el diseño final de un proyecto de carretera o carretera estable y protegida contra las inclemencias del clima y del tránsito.

Cuanto mayor sean las dimensiones de la vía, más tráfico podrá soportar y más exigentes serán los parámetros de trazado, es decir, será necesario realizar radios mayores de curva, acuerdos verticales más extendidos o peraltes más inclinados. Al aumentar estos parámetros la carretera se ajustará menos al terreno, lo que encarece la carretera.

El dato más importante para el diseño es la velocidad de proyecto, que es a la máxima velocidad para circular con comodidad y seguridad.

2.1.4 Carreteras Interoceánicas.

2.1.4.1 Definición.

Son las interconexiones entre los océanos Atlántico y Pacífico, a través del subcontinente, que vinculan a los países sin litoral marítimo (Bolivia, Paraguay), a las regiones occidentales de los países ribereños del Atlántico y a las regiones orientales de los países ribereños del Pacífico, con sus respectivos puertos, y viceversa, con los puertos de los países ribereños del Atlántico. Y a todos ellos, con los puertos de Australasia, de África y con otros puertos de Europa y Norteamérica (costas este y oeste). En términos generales son enlaces entre dos océanos o a través de un continente.

Dentro del contexto geográfico de Suramérica, se están utilizando los términos “interoceánico” o “transcontinental” por ser los más idóneos desde el punto de vista logístico y se definen como los espacios terrestres por los cuales fluyen los bienes como carga, haciendo uso de las redes viarias que conectan los puertos del Atlántico con los del Pacífico en ambos sentidos, mediante un modo de transporte de superficie o combinaciones intermodales y en los que operen concertadamente con respeto al medio ambiente.

2.1.4.2 Carreteras Interoceánicas en Sudamérica.

En la actualidad son cinco países de la CAN que tienen carreteras que son consideradas corredores interoceánicos:

1. Bolivia
2. Colombia
3. Ecuador
4. Perú
5. Venezuela

Los tramos que constituyen los corredores interoceánicos son denominados rutas rodoviarias.

2.1.4.2.1 Carreteras Interoceánicas que pasan por Bolivia.

Las rutas rodoviarias están agrupadas desde 1996 en cinco corredores que cruzan el país de norte a sur, de este a oeste, de oeste a norte, de oeste a sur y de noroeste a sureste la llamada Diagonal Jaime Mendoza. Esta agrupación de los ejes rodoviarios en corredores nacionales es interesante porque varios tramos de ellos son partes integrantes de los corredores interoceánicos que atraviesan Bolivia. La mayoría de las vías de los corredores están interconectadas. Hay un Sistema de Control Aduanero Integrado por Argentina (2000) en Yacuiba- Profesor Salvador Mazza, Bermejo-Aguas Blancas y Villazón-La Quiaca; y con Paraguay en Hito BR94 (septiembre 2005) y Cañada Strongest-Fortín Tnte. Infte. Rivarola (octubre 2005).

A continuación, su descripción:

- **Norte-Sur:** Se inicia en Trinidad/ San Ramón/ Santa Cruz/Ipati/ Boyuibe/ Villamontes/ hasta Yacuiba (frontera con Argentina, conectándose con su red rodoviaria), y totaliza 1071 km.
- **Este-Oeste:** Se inicia un ramal noroeste en Arroyo Concepción (frontera con Brasil, conectándose con su red rodoviaria) - Puerto Quijarro - Puerto Suarez / Robore / San José de Chiquitos / Santa Cruz hasta Guabirá, con 647 km. El otro ramal noreste se inicia en San Matías (frontera con Brasil, conectándose con su red rodoviaria) / San Ignacio de Velasco / San Ramón hasta Guabirá, con 711 km. Ambos ramales continúan a Chimore (ramal a Puerto Villarroel en el eje fluvial de los ríos Ichilo / Mamoré) / Cochabamba / Caracollo, con un primer ramal hacia el suroeste: Oruro / Ancaravi / Pisiga (frontera donde se conecta con la red rodoviaria de Chile), totalizando 1608 km y 1671 km. Un segundo ramal sigue al centrooeste para Patacamaya / Tambo Quemado (frontera con Chile, conectándose con su red rodoviaria), totalizando 1583 km y 1647 km. El tercer ramal prosigue hacia el noroeste para Patacamaya / La Paz (El Alto) / Guaqui / hasta Desaguadero (frontera con Perú, conectándose con su red rodoviaria) de 194 km, totalizando 1744 km y 1808 km respectivamente.
- **Oeste-Norte:** Recorre de noreste a suroeste, iniciándose al este en el ramal Guayamerin (frontera fluvial cruzando el río Mamoré se conecta con la red rodoviaria de Brasil) / Riberalta / El Chorro de 168 km y al norte en el ramal Cobija (frontera donde se conecta con la red rodoviaria de Brasil) / Porvenir / El Chorro de 370 km. Ambos ramales continúan a Rurrenabaque / Yucumo / Caranavi / Santa Barbara / Cotapata / La Paz(El Alto) / Guaqui / hasta Desaguadero (frontera donde se conecta con la red rodoviaria de Perú), totalizando 1331 km y 1427 km respectivamente.
- **Oeste-Sur:** Recorre de noroeste a sureste, iniciándose en Desaguadero (frontera donde se conecta con la red rodoviaria del Perú) / Guaqui / La Paz

(El Alto) / Patacamaya, con un ramal hacia el occidente a Tambo Quemado (frontera donde se conecta con la red rodoviaria de Chile) / Potosí / Cuchoingenio / Tupiza / Tarija / Bermejo (frontera donde se conecta con la red rodoviaria de Argentina) y totaliza 1215 km. Otro ramal más sigue al sur-oeste para Tupiza / Villazon (frontera donde se conecta con la red rodoviaria de Argentina) y totaliza 1307 km.

- **Diagonal Jaime Mendoza:** Recorre de noroeste a sureste desde el sur de Oruro en el Corredor Oeste-Sur, iniciándose en Machacamarca / Huanuni / Uncia / Ravelo / Sucre / Padilla / Monteagudo / Ipati Camiri / Boyuibe, hasta el Hito Villazon (frontera con Paraguay, conectándose con su red rodoviaria) y totaliza 698 km.

El gobierno rediseño en 2002 la malla rodoviaria en 3 corredores, de acuerdo al Plan Bolivia, para enmarcarse en los ejes de integración y desarrollo de la IIRSA.

- **Corredor Este-Oeste:** Eje San Matías (frontera con Brasil)-Guabira-Cochabamba-Oruro-Pisiga(frontera con Chile). Eje Puerto Suarez (frontera con Brasil)- Santa Cruz-Cochabamba-Patacamaya-Tambo Quemado (frontera con Chile). Tienen 1733 km y 1841 km respectivamente.
- **Carretera Víctor Paz Estenssoro:** Guayamerín (frontera con Brasil) - Riberalta - El Chorro – Rurrenabaque – Yucumo – Caranavi - La Paz – Oruro – Chayapata – Vantillas – Potosí – Cuchoingenio – Camargo - El Puente – Iscayachi – Tarija – Padcaya - La Mamora - Bermejo (frontera con Argentina). Tiene 2667 km.
- **Corredor Sur:** Hito BR94 (frontera con Paraguay) – Villamontes - Palos Blancos - Entre Ríos – Tarija – Canaletas - Abra del Cóndor - Puerta del Chaco - Cruce Panamericana - El Puente – Tornillos – Tupiza - San Cristobal - Avaroa (frontera con Chile). Tiene 1141 km.

Al ser Bolivia un país sin litoral marítimo, participa en 8 corredores que representan el 9% del total, situándolo en el quinto lugar y convirtiéndolo en protagonista secundario para los corredores. Cuenta con ríos en la Amazonia y la HPP donde comparte 2% con Brasil. Su ubicación geográfica en el centro-noroeste de Suramérica le da una importancia particular como país de tránsito para varios de los corredores en que interviene Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Perú. El territorio y la población nacional representan el 3,5 % y 2,5 % de Suramérica.

2.2 Vehículo tipo en carreteras y el Bitren.

2.2.1 Características de los vehículos tipo.

El vehículo es el medio que utiliza el usuario para circular por la carretera y su influencia en el proyecto geométrico es decisiva. Sus principales características son: tipo, dimensiones, peso y características de operación; las cuales deben considerarse en la definición del llamado vehículo de proyecto.

El diseño de una carretera o una intersección de un medio de vehículos proyecto dado, en términos generales, que todos los vehículos con las mismas características o tamaño o más pequeño que el diseño del vehículo tendrán las mismas condiciones de funcionamiento o más favorable que el vehículo del proyecto. Esto no quiere decir que los vehículos con características más desfavorables para el vehículo del proyecto aprobado (que, por definición, representan una porción muy pequeña del tráfico), no podrán ir a la carretera (carriles principales, marginal, intersecciones, accesos, etc.). Esto significa principalmente que estarán sujetos en algunas situaciones las condiciones de funcionamiento menos favorables que el mínimo establecido. Estas condiciones representan una facilidad de conducción estándar mínimo y el confort de marcha se considere apropiado (por ejemplo, rampas de velocidad, la eliminación de bordes o bordillos intersecciones de ramas o incluso la posibilidad de adelantar a un vehículo parado, velocidad y maniobrabilidad en ramas o curvas de transición con radios pequeños, etc.), sin retrasos e inconvenientes que pueden ser considerados excesivos.

El vehículo del proyecto que se elijan deberían cubrir y cubrir vehículos representativos de la flota, por lo que la participación de los restantes vehículos con características más

desfavorables se minimiza y los efectos adversos resultantes se puede despreciar. Esta elección debe tener en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la carretera, obtenida a partir de una densidad de tráfico y las proyecciones que tienen en cuenta el desarrollo futuro de la zona.

Al mismo tiempo, la elección del diseño del vehículo para una intersección dado no estará basada únicamente en los tipos de vehículos que lo utilizan, sino también la naturaleza del elemento de diseño considerado. Por ejemplo, la retroalimentación vertical es una función de la mayor altura de los vehículos; Las intersecciones de las ramas rayos pueden ser diseñados para un funcionamiento normal por camiones convencionales, cuando el número de semi-remolques que deben utilizar el campo es relativamente pequeña; distancias de visibilidad se establecen a partir de la altura de los ojos de los conductores de coches pequeños, etc.

Como pauta general, la selección de los nuevos vehículos de diseño debe considerar:

- En las carreteras e intersecciones donde hay o se espera a la aparición relevante de maquinarias de carga combinaciones de tipos de Carreta, Vanderléia y Bitrens longitud de hasta 19,8 m, que no requieren un permiso especial para viajar, el proyecto debe considerar la CA vehículos y BT7. Estos vehículos funcionan generalmente en las carreteras que dan acceso a zonas de explotación forestal, áreas industriales, fábricas de azúcar, destilerías, las industrias productoras de pulpa y jugos cítricos, depósitos de granos y fertilizantes, materiales de construcción depósitos y otras situaciones similares. Las reflexiones de estos vehículos deben ser analizados en las especificaciones técnicas que deben cumplir en relación con los requisitos de superlargura, distancias de visibilidad, las conversiones en las intersecciones, distancias de adelantamiento, etc.
- Las rutas utilizadas por los vehículos portadores (cegonheiros), se deben verificar la posibilidad de una atención segura del vehículo CG, sobre todo en las conversiones en las vías urbanas y patios de maniobra y en su paso bajo viaductos urbanos.
- En las carreteras e intersecciones donde hay o se espera a la aparición relevante de combinaciones de carga de vehículos - CVC, amplio, lo que requiere un permiso especial para viajar, se debe considerar la adopción de vehículos BTL. Estas condiciones se encuentran a menudo en el acceso a las terminales de carga intermodales y centros de

abastecimiento principales. Cuando hay un conocimiento seguro de que los vehículos no exceda la longitud de 25 metros que se convierte recomienda el uso de vehículos BT9. En cuanto a la CA y vehículos BT7, debe ser analizada reflexiones de estos vehículos en las características técnicas de las pistas y patios de maniobras.

Los vehículos livianos: automóviles y similares, determinan las velocidades máximas a considerar en el diseño, así como las dimensiones mínimas, ellas participan en la determinación de las distancias de visibilidad de frenado y adelantamiento.

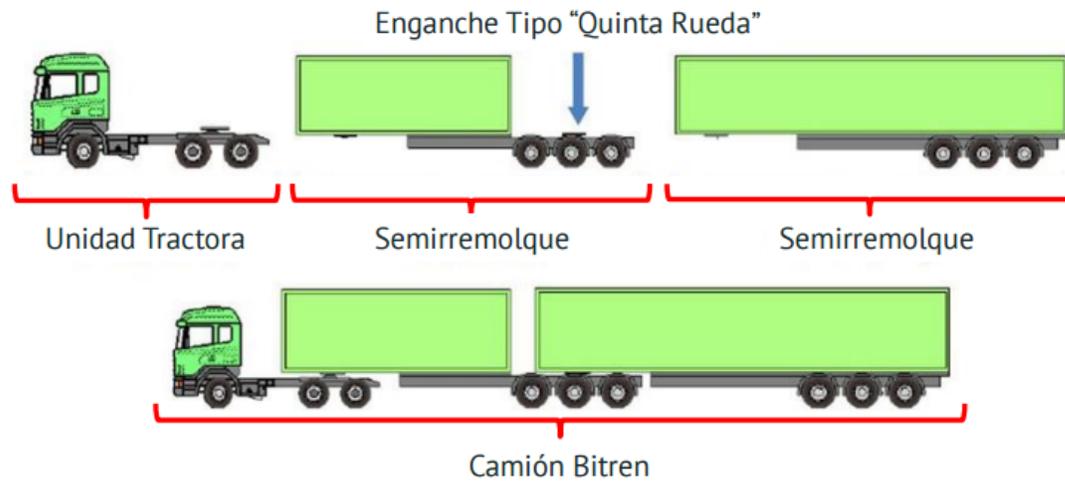
Los vehículos pesados: camiones de diversos tipos, y en menor medida los buses, experimentan reducciones importantes en su Velocidad de Operación cuando existen tramos en pendiente. La necesidad de limitar estas reducciones de velocidad determina la longitud y magnitud aceptable de las pendientes.

Las dimensiones de estos vehículos: largo, ancho y alto, influyen en gran medida diversos elementos de la sección transversal y determinan los radios mínimos de giro, los ensanches de la calzada en curva y el gálibo vertical bajo estructuras.

Las características físicas de los vehículos y de la relación entre los vehículos de varios tipos son parámetros que determinan en varios aspectos del diseño geométrico y estructural de un camino, por ejemplo:

- El ancho del vehículo influye en la anchura de la pista de rodadura, el hombro y las ramas;
- La distancia entre ejes influye en el cálculo de sobreancho de las principales pistas de aterrizaje y en la determinación de la anchura y radios mínimos interna de las pistas de las ramas;
- La longitud del vehículo influye en la anchura de la elevada, la extensión de las pistas de almacenamiento, la capacidad de la autopista y las dimensiones de estacionamiento;
- La relación de peso total / potencia se refiere al valor de la rampa máxima admisible y participar en la determinación de la necesidad de variedad aumento adicional (tercera pista);
- El peso total con carga máxima admisible en relación con la configuración de los ejes y la posición del centro de gravedad influye en el diseño y configuración de la cubierta dura y defensas;

- La altura permitida para los vehículos determina la plantilla vertical en redes de aire y viaductos, túneles, señales de tráfico y semáforos.



Características del Bitren:

- El tren motriz más eficiente del mercado.
- Eficiente motor Euro 5 de 13 litros con alto torque, potencia y bajo consumo de combustible.
- Frenos a disco con ABS y EBS.
- Control de Estabilidad ESP.
- Caja automatizada I-shift, la más inteligente del mercado con un desarrollo específico para la configuración bitren que contribuye en el ahorro de combustible, el descanso del conductor y el menor desgaste del tren motor.
- Potente freno de motor en las válvulas (VEB 510) + Retardador hidráulico (1.120 CV total).
- Suspensión neumática de 8 fuelles.
- Indicador de carga por eje tanto del tractor como del semirremolque de fácil visualización.
- Las cabinas más seguras del mundo probadas en los test de impacto más exigentes
- Airbag conductor y barras anti intrusión frontal.
- Luces traseras de led con aviso de frenado de emergencia.
- Freno de estacionamiento electrónico de liberación automática.

- Excelente visibilidad.
- Controles necesarios al alcance de las manos del conductor.
- Volante multifunción.
- Regulación de volante y columna de dirección.
- Muy baja tara.
- Sistema de gestión de flotas dynafleet que permite controlar y optimizar el uso de los camiones desde cualquier dispositivo, conocer cuál es el comportamiento, el consumo de combustible y posición de cada uno.
- Llantas de aluminio de 9”.

Por lo tanto, para fines de diseño es necesario examinar todo tipo de vehículos, la selección de ellos en las clases y el establecimiento de la representación de los tamaños de los vehículos dentro de cada clase. La gran variedad de vehículos existentes conduce a elegir, a efectos prácticos, los tipos representativos de los cuales, en las dimensiones y limitaciones de maniobra, superiores a la mayor parte de su clase. Para estos vehículos se da la designación vehículo del proyecto, que se definen como vehículos cuyo peso, dimensiones y características de funcionamiento será la base para establecer los parámetros del proyecto de la carretera y sus intersecciones.

2.2.2 Dimensiones de los Vehículos.

Las principales dimensiones de los vehículos que influyen en el proyecto geométrico de las carreteras son alto, ancho y longitud, así como las distancias entre los ejes consecutivos del vehículo y su entrevía, altura de los ojos del conductor y altura de las luces. El peso total del vehículo cargado o peso bruto vehicular (PBV) y su distribución por ejes es muy relevante en el diseño estructural de puentes y pavimentos, aunque también es pertinente para el proyecto geométrico, sobre todo cuando se relaciona con la potencia del motor del vehículo, pues de ello depende el diseño geométrico de las tangentes del alineamiento vertical; por último, de su longitud y entrevía depende el ancho de calzada en curva.

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.

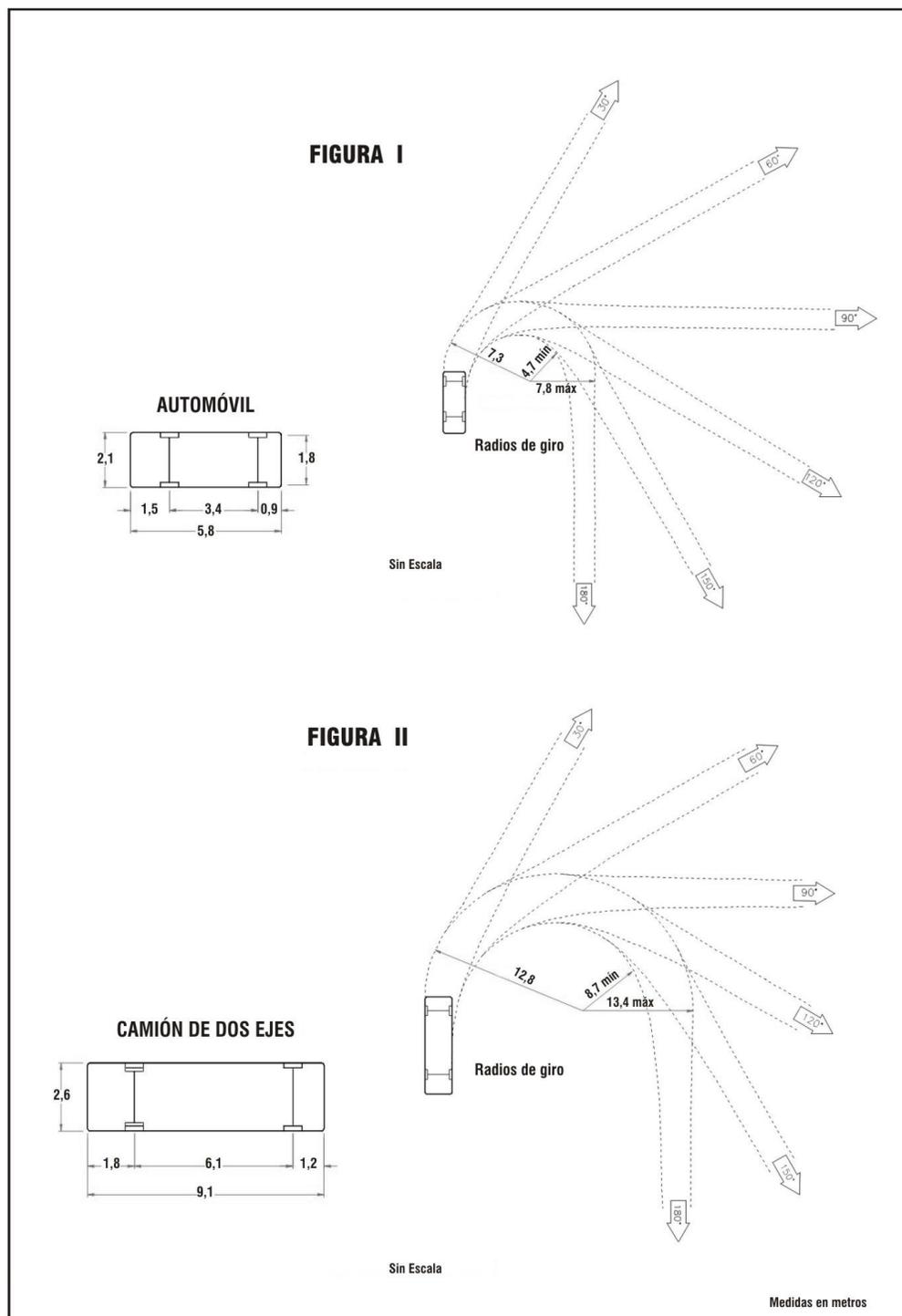
Las dimensiones tipo de automóviles y camiones de dos ejes se presentan en la Figura 1., figuras I y II, respectivamente, junto con una representación de los radios de giro mínimos para estos vehículos y sus trayectorias para cambios de dirección progresivos.

En la Figura 2, 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.

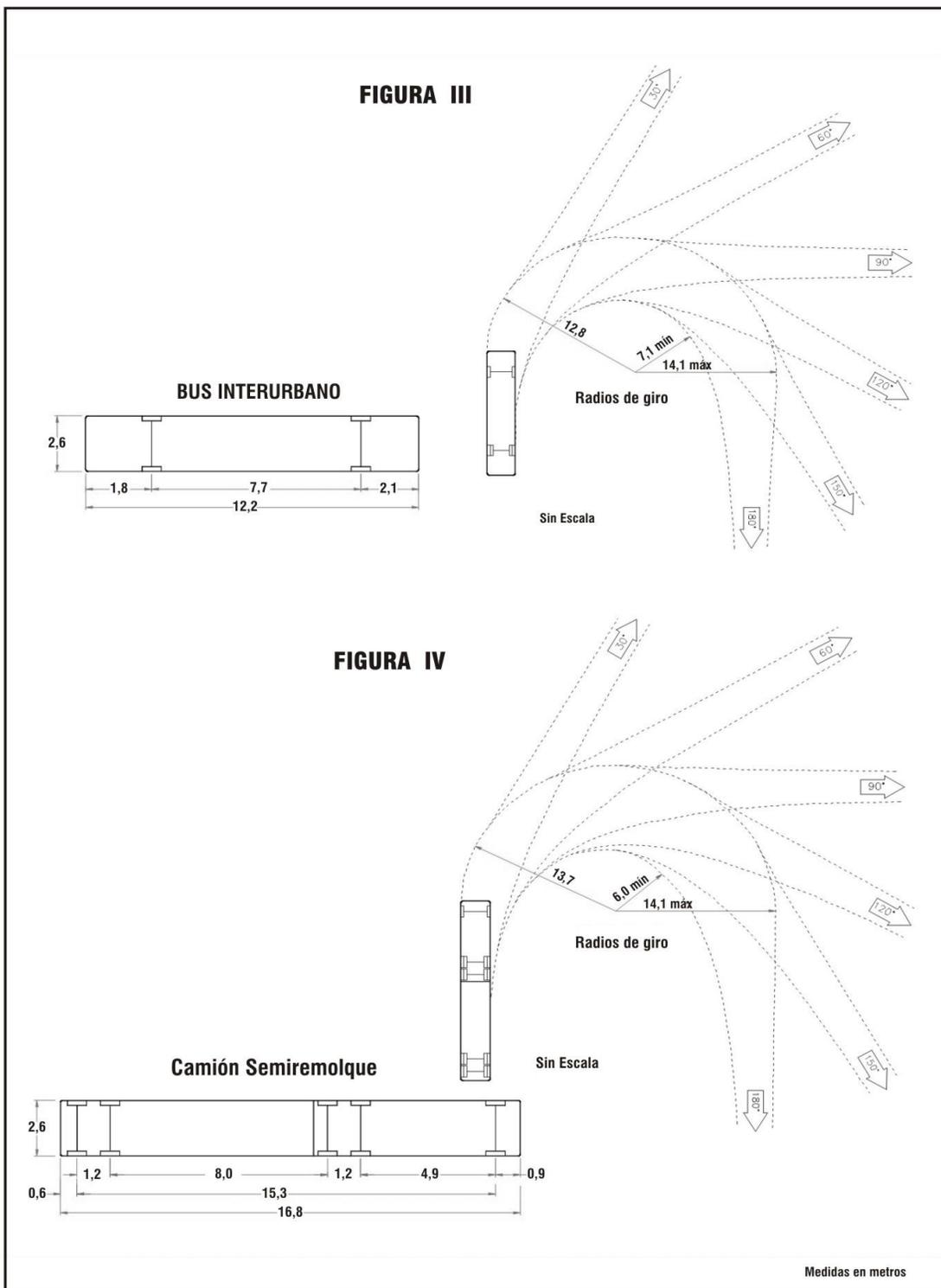
- h = Altura focos delanteros: 0,60 m
- h_1 = Altura ojos del conductor de un automóvil: 1,10 m
- h_2 = Altura obstáculo fijo en la carretera: 0,20 m
- h_3 = Altura ojos del conductor de camión o bus: 2,50 m
- h_4 = Altura luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m
- h_5 = Altura del techo de un automóvil: 1,20 m

Figura 1. VEHÍCULOS TIPO: AUTOMÓVIL Y CAMIÓN DE DOS EJES



Fuente: Manual de Carreteras. Edición 2004

Figura 2. VEHÍCULOS TIPO: BUS Y CAMIÓN SEMIRREMOLQUE



Fuente: Manual de Carreteras. Edición 2004

2.2.3 Características Operativas

Se refieren a las que deben considerarse en la circulación del vehículo por la carretera y que son relevantes para el proyecto geométrico. Están dadas por la dinámica del movimiento del vehículo, por lo que usualmente se determinan por el uso de modelos mecanicistas del vehículo cuando circula en curvas del alineamiento horizontal o en tangentes del alineamiento vertical. La aplicación de estos modelos es básica en la determinación de las normas de proyecto.

2.2.3.1 Operación en curvas horizontales

Cuando un vehículo circula por una curva horizontal, al menos debe analizarse su estabilidad y el ancho mínimo que requiere para dar vuelta.

- **Estabilidad**

Un vehículo es estable cuando permanece sobre sus llantas y sigue la trayectoria que le fija el conductor. La inestabilidad del vehículo se debe al efecto de la fuerza centrífuga transversal a que está sujeto al cambiar de dirección, combinada con los efectos de asimetrías en la carga, neumáticos lisos o desinflados y suspensión defectuosa.

- **Ancho**

Al circular por una curva horizontal, los radios de las trayectorias de las ruedas traseras son menores que los de las ruedas delanteras, lo que implica que el ancho requerido para circular en curva sea mayor que el requerido en tangente, por lo que se requiere proyectar una ampliación en las curvas. Esta ampliación puede ser pequeña para automóviles, pero grande para camiones en curvas cerradas.

2.2.3.2 Operación en tangentes verticales

Las características de operación en tangentes están asociadas con la aceleración y desaceleración del vehículo, que se realiza para aumentar o reducir la velocidad por seguridad, comodidad o conveniencia. La aceleración se logra con el motor del vehículo o utilizando la gravedad cuando la pendiente es descendente. La desaceleración se logra con la resistencia del motor o con el mecanismo de freno, cuya eficiencia puede reducirse drásticamente cuando se calienta en exceso, como suele suceder con los vehículos pesados que operan en tangentes verticales descendentes largas y con pendientes fuertes.

Cuando se usa el motor, el vehículo acelera si la fuerza de tracción que genera el motor, es mayor que las resistencias que se oponen al movimiento del vehículo y desacelera en caso contrario. Con este principio, es posible plantear un modelo mecanicista muy útil para analizar el alineamiento vertical.

2.2.4 Bitren

2.2.4.1 Definición.

El Bitren es un vehículo cuya configuración está conformada por una unidad tractora y dos equipos arrastrados biarticulados entre sí por un plato-acople tipo B (plato de arrastre o quinta rueda). Tiene un largo total permitido de 30,25 m y una capacidad de carga de 50 a 55 toneladas dependiendo del carrozado y del tractor utilizado, el peso bruto total permitido es hasta 75 toneladas con dos semirremolques de 3 ejes, permitiendo mejor distribución de la carga y disminuyendo el daño a rutas y caminos. Se pueden utilizar unidades con 2 o 3 ejes, variando la tara permitida en unidades de 2 ejes con 60 toneladas, en unidades con un semi de 2 ejes y el otro de 3 ejes tiene permitido circular hasta con 67,5 toneladas y en unidades de 3 ejes en los dos semirremolques, 75 toneladas.

Figura 3. VEHÍCULOS TIPO BITREN BT9



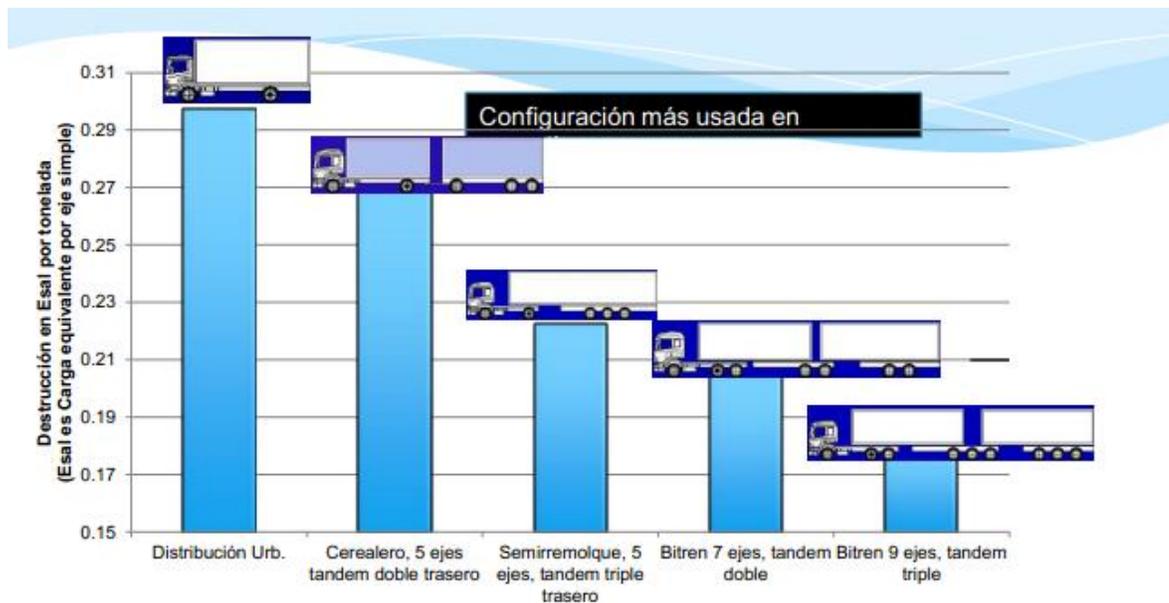
Las características físicas de los vehículos constituyen los parámetros que condicionan diversos aspectos de dimensionamiento geométrico y estructural de una vía, por ejemplo:

- El ancho del vehículo influye en el ancho de la pista de rodadura.
- La distancia entre ejes influye en el cálculo del largo de las carreteras y en la determinación del ancho y radio mínimo interno.
- La relación del peso bruto total/potencia afecta a la pendiente máxima permisible.
- El peso máximo admisible del vehículo en relación con la configuración de los ejes y la posición del centro de gravedad influye en la configuración del diseño y del suelo, separadores rígidos y defensas.

Los llamados bitrenes, utilizados desde hace tiempo en gran parte del mundo, permiten disminuir los costos del transporte de las economías regionales y de rubros productivos de alta movilización de cargas pesadas. Asimismo, el uso eficiente de combustible mejora la calidad del aire por la reducción de gases nocivos y partículas.

El menor deterioro en las rutas respecto del que produce el camión convencional se explica por la cantidad de ejes que lleva el bitren (siete en total), que baja el peso por eje desde 10,5 toneladas a 8,5 toneladas de peso.

Figura 4. MENOR DETERIORO DE RUTAS



Camión con semirremolque
Actualmente permitidos



Bitren 9 ejes



	Camión Actual	Bitren 9 ejes
Peso Bruto Máximo (Toneladas)	45	75
Longitud Total (metros)	20.50- 22.4	25-30
Peso por eje (Toneladas)	10.5	8.5
Peso Neto Máximo (Toneladas)	27 a 29	54

Fuente: Bitrenes en Argentina – Decreto 574/14.

Con la incorporación de vehículos de carga combinados de alto rendimiento, a su juicio, se produce un deterioro un 60 por ciento inferior por tonelada transportada de la ruta.

2.2.4.2 Tipos de Bitren.

Existen tres tipos de Bitren:

BT7: Representa vehículos de carga articulados compuestos por un caballo mecánico de 3 ejes, tirando por medio de dos articulaciones, 2 semiremolques y 2 ejes. El modelo representativo es el vehículo conocido como bitren de 7 ejes con una longitud total de 19,8 metros.



BT9: Representa vehículos de carga articulados compuestos por un caballo mecánico de 3 ejes, de tracción, por medio de dos articulaciones, 2 semiremolques y 3 ejes. El modelo representativo es el vehículo conocido como bitren de 9 ejes, con una longitud total de 25 metros.



BTL: Representa vehículos de carga articulados compuestos por un caballo mecánico de 3 ejes, de tracción, por medio de dos articulaciones, 2 semiremolques y 3 ejes. El modelo representativo es el vehículo conocido como bitren de 9 ejes con una longitud total de 30 metros. También cubre vehículo Autotren, que consiste en un caballo mecánico con 3 ejes de tracción, por medio de tres articulaciones, dos 2-eje semi-remolque con Dolly intermedia de 2 ejes, con una longitud total de 30 metros.



2.2.4.3 Aspectos Geométricos.

El diseño de una carretera o una intersección de un medio de vehículos proyecto dado, en términos generales, que todos los vehículos con las mismas características o tamaño o más pequeño que el diseño del vehículo tendrán las mismas condiciones de funcionamiento o más favorable que el vehículo del proyecto. Esto no quiere decir que los vehículos con características más desfavorables para el vehículo del proyecto aprobado (que, por definición, representan una porción muy pequeña del tráfico), no podrán ir a la carretera (carriles principales, marginal, intersecciones, accesos, etc.). Esto significa principalmente que estarán sujetos en algunas situaciones las condiciones de funcionamiento menos favorables que el mínimo establecido. Estas condiciones representan una facilidad de conducción estándar mínimo y el confort de marcha se

considere apropiado (por ejemplo, rampas de velocidad, la eliminación de bordes o bordillos intersecciones de ramas o incluso la posibilidad de adelantar a un vehículo parado, velocidad y maniobrabilidad en ramas o curvas de transición con radios pequeños, etc.), sin retrasos e inconvenientes que pueden ser considerados excesivos.

El vehículo del proyecto que se elijan deberían cubrir y cubre los vehículos representativos de la flota, por lo que la participación de los vehículos restantes características más desfavorables se reduce al mínimo y los efectos adversos resultantes pueden ser descuidados. Esta elección debe tener en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la carretera, obtenida a partir de conteos de tráfico y las proyecciones que tienen en cuenta el desarrollo futuro de zona.

Al mismo tiempo, la elección del diseño del vehículo para una intersección dado no estará basada únicamente en los tipos de vehículos que lo utilizan, sino también la naturaleza del elemento de diseño considerado. Por ejemplo, la retroalimentación vertical es una función de la mayor altura de los vehículos; Las intersecciones de las ramas rayos pueden ser diseñados para un funcionamiento normal por camiones convencionales, cuando el número de semirremolques que debe utilizar la rama es relativamente pequeño; distancias de visibilidad se establecen a partir de los conductores de coches pequeños altura de los ojos, etc.

El bitren aplicado en este estudio será el BT7. Los Bitren de 7 ejes no se pueden confundir con el CVC más largo y pesado de 9 ejes, 74 toneladas y 30 m de largo. Esto es sólo un CVC de 7 ejes del 19,80 m de longitud y 57 t con un caballo truncada para tirar dos remolques cortos (7,10 m cada uno) dos ejes, copladas juntos por un tipo de acoplador "B "es decir, el remolque está involucrado en una segunda quinta rueda montada directamente sobre la extensión del primer chasis.

Para completar el bitren utiliza no menos de tres conjuntos de ejes en tándem. Y, como usted sabe, el tándem es mucho más amigable hacia el piso de ejes aislados.

Características de los camiones

De suma importancia es la posición en que se encuentra el conductor en el vehículo, ya que no sólo afecta a su conveniencia, ya que es fundamental para determinar la distancia de visibilidad (detener, adelantar, toma de decisiones, las obstrucciones laterales en curvas). Para los camiones americanos la altura de los ojos del conductor varía entre 1,80 m y 2,40 m, y el valor recomendado de 2,33 m propósitos de diseño. En el Manual del Proyecto Camino Rural DNIT - 1999 se adoptó el valor de 1,80 m para la verificación gráfica de visibilidad en curvas cóncavas en las carreteras en obras de arte. En Manual de Proyectos Intersecciones DNIT - 2005 se consideró el valor de 2,33 m en los otros casos.

Otra característica importante a considerar en los proyectos es el radio de giro mínimo. Esta distancia se define por la AASHTO en la determinación de los modelos de vehículos del proyecto como el radio de la trayectoria descrita por el frente exterior de la rueda cuando el vehículo lleva a cabo su trabajo más cerrado posible a baja velocidad, por lo general no más de 15 km / h. El radio de giro mínimo está condicionado por la anchura, la distancia entre ejes y la longitud total del vehículo. Históricamente, Brasil camiones articulados han aumentado de tamaño y, en general, han mostrado un mayor radio de giro.

**Tabla 4. DIMENSIONES BÁSICAS PRINCIPALES DE VEHÍCULOS DEL PROYECTO
COMPUESTO DE MÁS DE UNA UNIDAD (CVC) - (M)**

Tabela 3.2.2.3 - Principais dimensões básicas dos veículos de projeto compostos de mais de uma unidade (CVC) - (metros)

Designação do veículo Características	Carreta (CA)	Bitrem de 7 eixos (BT7)	Cegonha (CG)	Bitrem de 9 eixos (BT9)	Bitrem longo e Rodotrem (BTL)
Largura total	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Comprimento total	18,6	19,8	22,4	25,0	30,0
Raio mínimo da roda externa dianteira	13,7	13,7	13,7	14,8	16,6
Raio de giro do eixo dianteiro (RED)	12,5	12,5	12,5	13,6	15,4
Raio mínimo da roda interna traseira	6,4	6,8	2,0	4,5	3,9

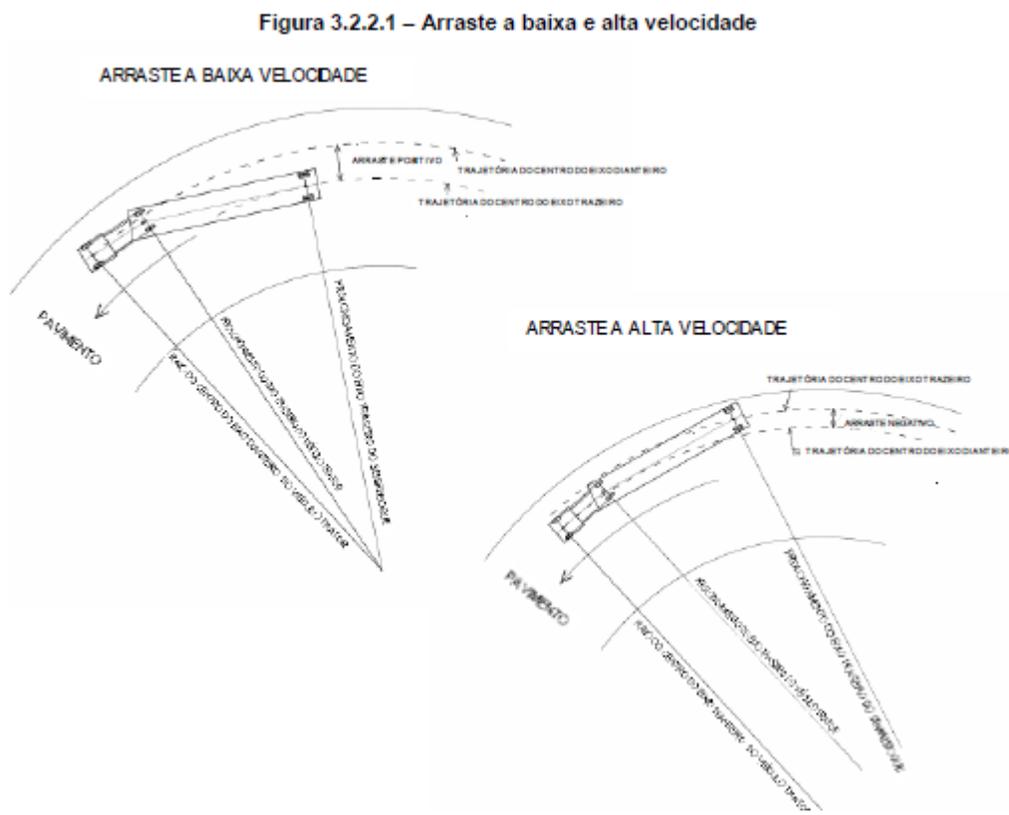
Fuente: Estudo dos Impactos do Bitrem nas Rodovias Federais. Junho 2009

En la Tabla se resumen las principales dimensiones básicas del nuevo vehículo proyecto recomendado para su uso en proyectos de carreteras, intersecciones e instalaciones relacionadas.

Se define como "arrastre" la diferencia radial entre la trayectoria del centro del eje delantero y la trayectoria del centro del eje trasero (Tabla 4).

La baja velocidad es de particular importancia para el diseño geométrico de las intersecciones, teniendo en cuenta que en estas condiciones se produce un desplazamiento de todo el eje trasero para el centro de la curva. A velocidades más altas (más de 15 km / h) El eje trasero del vehículo tienden a moverse en la dirección opuesta. A velocidades bajas predomina el arrastre; como la velocidad aumenta se reduce el arrastre. Para suficientemente altas velocidades, los dos fenómenos se anulan entre sí, lo que resulta en cero de arrastre. Incluso velocidades más altas hacen que el eje trasero para moverse en la trayectoria de eje frontal exterior.

Figura 5. ARASTRE EN BAJA Y ALTA VELOCIDAD



Fuente: Estudo dos Impactos do Bitrem nas Rodovias Federais. Junho 2009

Como complemento a la determinación del arrastre para la delimitación de la zona de "exploración" cubierto por el paso del vehículo en su desplazamiento, que se encuentra entre las trayectorias del punto del voladizo delantero y el neumático trasero contra el lado interior de la curva más externa.

Las Planillas de Vehículos de Proyecto.

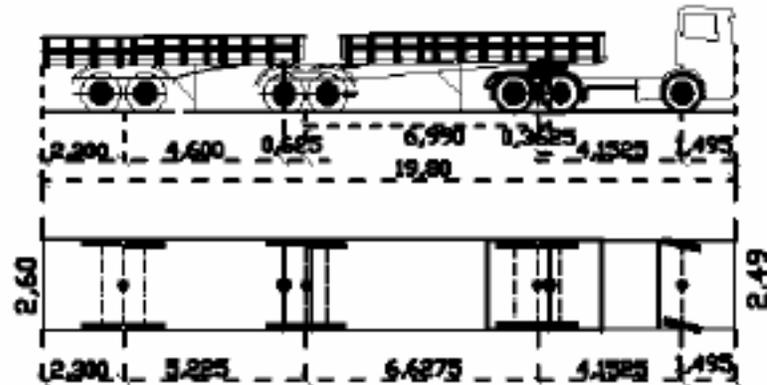
Para ejecutar un proyecto de intersección existe la necesidad de plantillas que muestra el área ocupada por un vehículo en movimiento haciendo diferentes ángulos de giro. La experiencia demuestra que las plantillas diseñadas para ángulos múltiplos de 30 ° son suficientes.

Las dimensiones de estos vehículos, y sus valores de trabajo más pequeños se representan en las figuras siguientes, al final de este punto, lo que permite, mediante el uso de los aparatos de lectura transparentes, las condiciones límite de verificación.

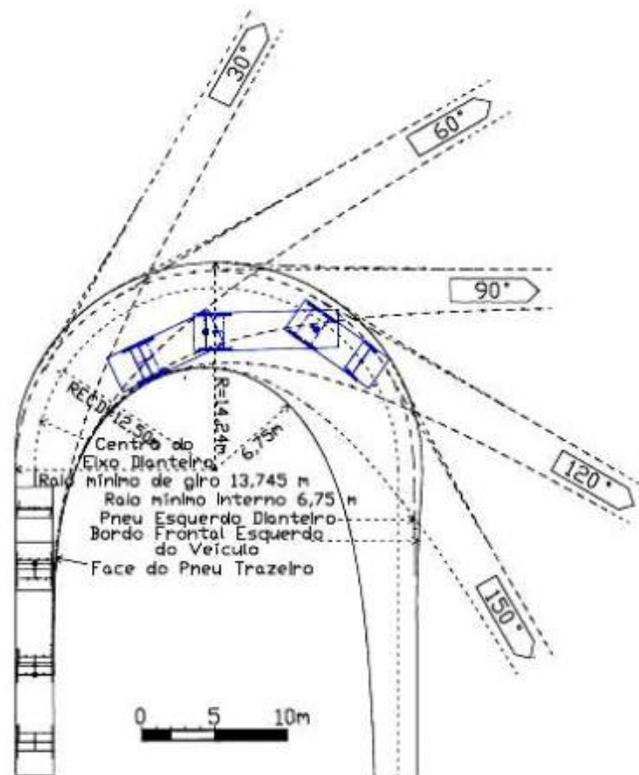
Como pauta general, la selección de los nuevos vehículos de diseño debe considerar:

- En las carreteras e intersecciones donde hay o se espera a la aparición relevante de maquinarias de carga combinaciones de tipos de Carreta, Vanderléia y Bitrens longitud de hasta 19,8 m, que no requieren un permiso especial para viajar, el proyecto debe considerar la CA vehículos y BT7. Estos vehículos funcionan generalmente en las carreteras que dan acceso a zonas de explotación forestal, áreas industriales, fábricas de azúcar, destilerías, las industrias productoras de pulpa y jugos cítricos, depósitos de granos y fertilizantes, materiales de construcción depósitos y otras situaciones similares. Estos vehículos deben ser analizados en las especificaciones técnicas que deben cumplir en relación con los requisitos de superlargura, distancias de visibilidad, las conversiones en las intersecciones, distancias de adelantamiento, etc.
- Las rutas utilizadas por los vehículos portadores (cegonheiros), se deben verificar la posibilidad de una atención segura del vehículo CG, sobre todo en las conversiones en las vías urbanas y patios de maniobra y en su paso bajo viaductos urbanos.
- En las carreteras e intersecciones donde hay o se espera a la aparición relevante de combinaciones de carga de vehículos - CVC, lo que requiere un permiso especial para viajar, se debe considerar la adopción de vehículos BTL. Estas condiciones se

encuentran a menudo en el acceso a las terminales de carga intermodales y centros de abastecimiento principales. Cuando hay un conocimiento seguro de que los vehículos no exceda la longitud de 25 metros que se convierte recomienda el uso de vehículos BT9. En cuanto a la CA y vehículos BT7, debe ser analizada reflexiones de estos vehículos en las características técnicas de las pistas y patios de maniobras.



Fuente: Estudo dos Impactos do Bitrem nas Rodovias Federais. Junho 2009



Fuente: Estudo dos Impactos do Bitrem nas Rodovias Federais. Junho 2009

2.2.4.4 Aspectos de Trafico.

- **Radio de Giro**

El radio de giro, es el radio de la circunferencia definida por la trayectoria de la rueda delantera extrema del vehículo, cuando este efectúa un giro.

El radio de giro, la distancia entre ejes y la entrevía del vehículo (distancia entre caras externa del vehículo), definen la trayectoria que siguen las ruedas cuando el vehículo efectúa un giro. Estas trayectorias, especialmente la de la rueda delantera externa y la trasera interna, sirven para calcular las ampliaciones en las curvas horizontales de una carretera y diseñar la orilla interna de la calzada en los ramales de una intersección.

La radio de giro mínimo está limitado por la deflexión máxima de las ruedas. En los vehículos modernos, la rotación máxima de las ruedas es 50°.

La distancia entre los límites exteriores de las huellas de la llanta delantera externa y trasera interna es mayor cuanto menor es el radio de giro, alcanzando su valor máximo cuando la deflexión de la llanta es máxima cuando el radio de giro es mínimo, es decir, cuando la deflexión de la llanta es máxima, a esa distancia entre huellas externas o ancho de barrido en curva.

Para la configuración tractocamión con semirremolque el ancho de barrido en curva depende también de los puntos de articulación y de las longitudes de la distancia entre los ejes.

- **Distancia de Visibilidad de parada**

- **Concepto**

La distancia de visibilidad de parada traduce el patrón de la visibilidad que se indique al conductor, por lo que siempre se puede tomar el tiempo, la decisión de detener su vehículo. Se define como la distancia mínima de un conductor, que viajan

con la velocidad directriz, tiene que dejar de forma segura después de detectar un obstáculo en la carretera.

Este patrón es directamente dependiente de las características geométricas de la carretera, las condiciones de la superficie de rodamiento, o las condiciones meteorológicas (lluvia o brillo), el comportamiento medio del conductor y las características representativas de las condiciones desfavorables medio de vehículos (frenos, etc.) de suspensión.

La distancia de frenado de visibilidad puede ser restringida por curvas verticales convexas de longitud insuficiente, unas curvas cóncavas verticales en pasajes sin luz, o muy cerca de obstáculos laterales de la pista. En el caso de las intersecciones, su configuración también es importante.

Al establecer esta distancia es obligatoria en el diseño de una carretera.

- **Efecto de camiones**

Los valores calculados de la distancia de frenado se basan en la visibilidad la explotación del automóvil de pasajeros y no tienen en cuenta de forma explícita la operación de los camiones. Analizamos a continuación algunos factores pertinentes de las diferencias entre los automóviles y vehículos de carga.

En general, los camiones son más grandes y más pesados que los vehículos de pasajeros y para la misma velocidad de la necesidad distancias más largas que parar. Sin embargo, la posición más alta de los asientos de camión da como resultado una mayor altura de los ojos del conductor en relación con la superficie de la carretera, aumentando enormemente su distancia de visibilidad. Por esta razón, es habitual tener en cuenta solamente la distancia de visibilidad determinada para vehículos de pasajeros.

Cabe señalar, sin embargo, que las restricciones de visibilidad horizontales no son

compensado por los conductores simples altura de los ojos. ¿Dónde están esas restricciones, sobre todo después de fuertes caídas seguidas de un corte en los camiones de alcanzar velocidades cercanas a las de los vehículos de pasajeros, las mayores alturas de los ojos son de poco valor? Por lo tanto, incluso teniendo en cuenta la mayor experiencia de los conductores profesionales, es deseable proporcionar distancias de visibilidad mayores que los valores de la tabla se presenta al final del estudio.

- **Sobreancho**

Darle el nombre de "sobreancho" con el incremento total del ancho de los carriles a lo largo de las curvas de transición horizontal para permitir el mantenimiento de espacios libres transversales necesarias entre los vehículos en movimiento con seguridad.

En curvas de radio pequeño y mediano, según sea el tipo de vehículos comerciales que circulan habitualmente por la carretera o camino, se deberá ensanchar la calzada con el objeto de asegurar espacios libres adecuados (huelgas), entre vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales o que se adelantan en calzadas unidireccionales, y entre los vehículos y los bordes de las calzadas. El sobreancho requerido equivale al aumento del espacio ocupado transversalmente por los vehículos al describir las curvas más las huelgas teóricas adoptadas, (valores medios). El sobreancho no podrá darse a costa de una disminución del ancho de la Berma o el SAP correspondiente a la Categoría de la ruta.

- **Cálculo del sobreancho**

El cálculo detallado del sobreancho en curvas circulares de carreteras y caminos se desarrolló mediante el análisis geométrico de las trayectorias que describen los diferentes vehículos, considerando el ancho de la calzada y las huelgas definidas en el Literal a; los resultados obtenidos quedan bien representados por las expresiones

simplificadas que se presentan en la Tabla 2.3-11, columna E(m), las que permiten calcular el Ensanche Total requerido en una calzada de dos carriles (bidireccional o unidireccional) con anchos de 7,0 y 6,0 m, empleando los parámetros de cálculo “Lo” para unidades simples (Camiones y Buses); L1 y L2 para unidades articuladas (Semitrailer) y el Radio R de la curva.

Tabla 5. ENSANCHE DE LA CALZADA E(M) (PERMITE EL CRUCE DE 2 VEHÍCULOS DEL MISMO TIPO MANTENIENDO HUELGAS H1 Y H2).

TIPO DE VEHÍCULO (Lt en m)	PARÁMETRO DE CÁLCULO (m)	E (m)	e.int (m)	e.ext (m)	RADIOS LÍMITE (m)
CALZADA EN RECTA 7,0 m (n = 2) 0,5 m ≤ E ≤ 3,0 m E = e.int + e.ext h1 = 0,6 m h2 = 0,4 m					
Camión Unid. Simple Lt = 11,0* Bus Corriente Lt = 12,0	Lo = 9,5	$(Lo^2/R) - 0,2$	0,65 E	0,35 E	$30 \leq R \leq 130$
Bus de Turismo Lt = 13,2* Bus de Turismo Lt = 14,0*	Lo = 10,5 Lo = 10,6	$(Lo^2/R) - 0,2$	0,65 E	0,35 E	$35 \leq R \leq 160$
Semitrailer Lt = 16,4	L1 = 5,6 L2 = 10,0	$((L1^2 + L2^2)/R) - 0,20$	0,70 E	0,30 E	$45 \leq R \leq 190$
Semitrailer Lt = 18,6*	L1 = 5,6 L2 = 12,2				$60 \leq R \leq 260$
Semitrailer Lt = 22,4*	L1 = 5,6 L2 = 15,5				$85 \leq R \leq 380$

Si e.int calculado $\leq 0,35$ m, se adopta e.ext = 0 y se da todo el ensanche E en e.int.

CALZADA EN RECTA 6,0 m (n = 2) 0,35 m ≤ E ≤ 3,20 m h1 = 0,45 m h2 = 0,05 m					
Camión Unid. Simple Lt=11,0* Bus Corriente Lt=12,0	Lo = 9,5	$(Lo^2/R) + 0,15$	55 E	0,45 E	$30 \leq R \leq 450$
Bus de Turismo Lt=13,2* Bus de Turismo Lt=14,0*	Lo = 10,5 Lo = 10,6	$(Lo^2/R) + 0,15$	55 E	0,45 E	$35 \leq R \leq 550$
Semitrailer Lt=16,4	L1 = 5,6 L2 = 10,0	$((L1^2 + L2^2)/R) + 0,20$	55 E	0,45 E	$45 \leq R \leq 650$
Semitrailer Lt=18,6*	L1 = 5,6 L2 = 12,2	$((L1^2 + L2^2)/R) + 0,20$	55 E	0,45 E	$65 \leq R \leq 850$
Semitrailer Lt=22,4*	L1 = 5,6 L2 = 15,5	No corresponde a Caminos con Calzada 6,0 m			

Si e.int calculado $\leq 0,35$ m, se adopta e.ext = 0 y se da todo el ensanche E en e.int.

Fuente: Manual de Carreteras. Edición 2004

Según el libro Estudio dos impactos do Bitrem nas Rodovias Federais los sobrecanchos deberían encontrarse entre los rangos de 0,40 y 5,95 según el tipo de carretera que tengamos.

Tabla 6. VALORES DE SOBRECARGOS DE CVC (PISTAS DE 2 EJES)

Tabela 3.2.6.1 – Valores das superlarguras das CVC (Pistas de 2 faixas)

PARA AS REGIÕES MONTANHOSA, ONDULADA PLANA

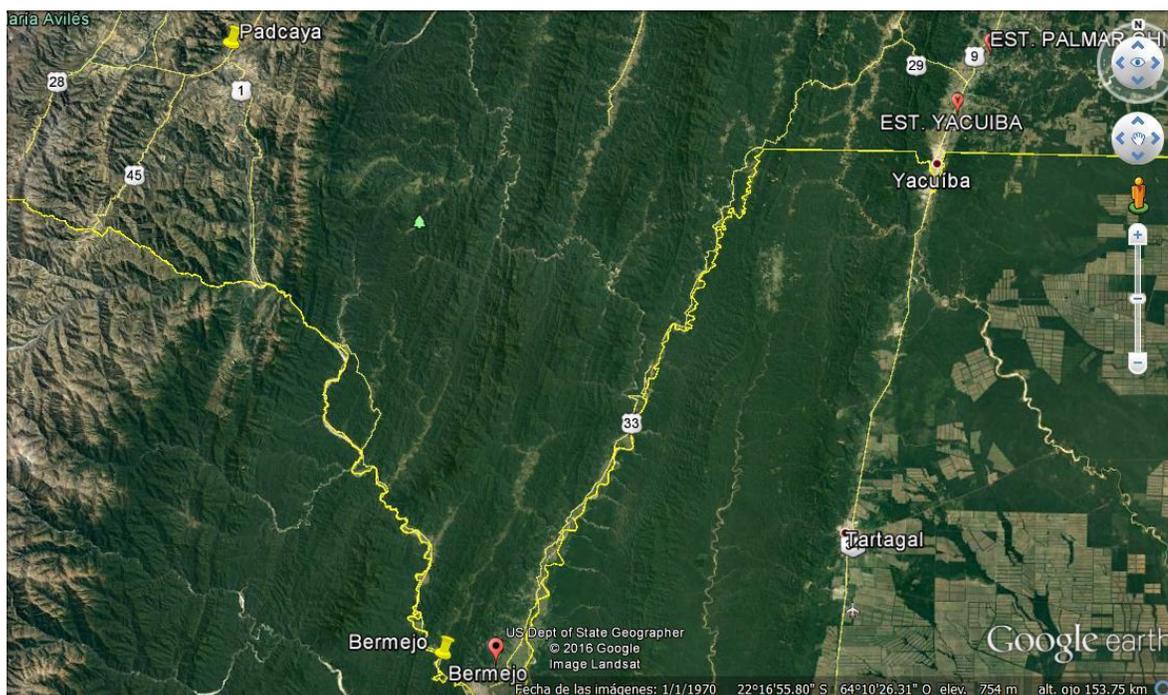
CA	Classe 0		Classe I		Classe II		Classe III		Classe IVA		Classe IVB	
	SR	CA	SR	CA	SR	CA	SR	CA	SR	CA	SR	CA
Montanhosa	0,80	0,87	1,40	1,30	1,80	2,03	2,60	2,92	5,00	5,69	5,00	6,69
Ondulada	0,60	0,65	0,80	0,87	1,00	1,18	1,20	1,50	2,60	3,22	2,60	4,22
Plana	0,40	0,52	0,60	0,65	0,60	0,61	0,80	1,00	1,20	1,80	1,20	2,80
BT7	Classe 0		Classe I		Classe II		Classe III		Classe IVA		Classe IVB	
	SR	BT7	SR	BT7	SR	BT7	SR	BT7	SR	BT7	SR	BT7
Montanhosa	0,80	0,79	1,40	1,16	1,80	1,81	2,60	2,57	5,00	4,95	5,00	5,95
Ondulada	0,60	0,61	0,80	0,79	1,00	1,08	1,20	1,37	2,60	2,87	2,60	3,87
Plana	0,40	0,49	0,60	0,61	0,60	0,56	0,80	0,93	1,20	1,67	1,20	2,67
CG	Classe 0		Classe I		Classe II		Classe III		Classe IVA		Classe IVB	
	SR	CG	SR	CG	SR	CG	SR	CG	SR	CG	SR	CG
Montanhosa	0,80	1,44	1,40	2,33	1,80	3,48	2,60	5,16	5,00	10,16	5,00	11,16
Ondulada	0,60	1,00	0,80	1,44	1,00	1,88	1,20	2,45	2,60	5,45	2,60	6,45
Plana	0,40	0,74	0,60	1,00	0,60	0,93	0,80	1,52	1,20	2,75	1,20	3,75
BT9	Classe 0		Classe I		Classe II		Classe III		Classe IVA		Classe IVB	
	SR	BT9	SR	BT9	SR	BT9	SR	BT9	SR	BT9	SR	BT9
Montanhosa	0,80	1,04	1,40	1,67	1,80	2,60	2,60	3,83	5,00	7,59	5,00	8,59
Ondulada	0,60	0,76	0,80	1,04	1,00	1,39	1,20	1,84	2,60	4,13	2,60	5,13
Plana	0,40	0,58	0,60	0,76	0,60	0,70	0,80	1,16	1,20	2,14	1,20	3,14
BTL	Classe 0		Classe I		Classe II		Classe III		Classe IVA		Classe IVB	
	SR	BTL	SR	BTL	SR	BTL	SR	BTL	SR	BTL	SR	BTL
Montanhosa	0,80	1,41	1,40	2,33	1,80	3,54	2,60	5,35	5,00	10,87	5,00	11,87
Ondulada	0,60	0,99	0,80	1,41	1,00	1,85	1,20	2,44	2,60	5,64	2,60	6,64
Plana	0,40	0,73	0,60	0,99	0,60	0,91	0,80	1,50	1,20	2,74	1,20	3,74

Fuente: Estudo dos Impactos do Bitrem nas Rodovias Federais. Junho 2009

CAPITULO III RELEVAMIENTO DE LA INFORMACION Y ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

3.1 Ubicación del tramo en estudio.

El estudio de rediseño realizando en este proyecto se ubica entre la localidad de Padcaya y Bermejo, específicamente en los tramos Emborozu – km 19, este tramo corresponde a 50 km.



3.2 Características del tramo Padcaya - Bermejo.

El departamento de Tarija se ubica al extremo sur de Bolivia, el mismo consta de una superficie de 37.623 km². Su proporcionalidad con el resto del País, se puede percibir en la tabla 6, que corresponde al mapa de ubicación geográfica, el mismo que nos ilustra la relación con respecto al espacio territorial nacional. Geográficamente se encuentra dividido en seis provincias: Méndez, Cercado, Avilez, O'Connor, Arce y Gran Chaco.

La provincia Arce política y administrativamente consta de dos secciones municipales: Padcaya y Bermejo.

TABLA 7

Proporcionalidad Territorial

Espacio territorial	Superficie en km ²	% de Proporcionalidad
Bolivia	1.080.000,00	100,00
Tarija	37.623,00	3,48
Provincia Arce	5.205,00	0,48
Primera Sección (Padcaya)	4.225,17	0,39

Fuente: CICA, junio de 1996, en base a cifras geográficas IGM.

Fuente: PDM Padcaya .

La cuenca alta sufre severos problemas de erosión que se ve incrementada por el mal uso de los suelos; al alcanzar la llanura el río divaga sin un cauce estable y definido. En el arrastre de sus aguas el Río Bermejo es responsable por el aporte de aproximadamente el 80% de los sedimentos que llegan al sistema de los ríos Paraguay-Paraná. Los índices de erosión en la Cuenca y de transporte de sedimentos del Río Bermejo se ubican entre los más altos del mundo, su impacto social, económico y ambiental trasciende sus límites geográficos.

En efecto, el Río Bermejo es el mayor productor de sedimentos de todos los ríos de América -y el quinto en el mundo- en relación a las superficies de cuencas. Aporta el 85% del material sólido que transporte el Paraná Medio y el Río de la Plata, con 92 millones de m³/año.

La Cuenca se caracteriza por el protagonismo de activos e intensos procesos hidrológicos, geomorfológicos y ecológicos. Cuenta con importantes potencialidades en términos de recursos naturales, variedad de ecosistemas y biodiversidad, pero también con fuertes restricciones, vulnerabilidades y riesgos ambientales, tanto biogeofísicos como sociales.

3.3 Parámetros de diseño en la carretera actual.

Los parámetros tabulados en las planillas son obtenidos de los planos proporcionados por la ABC (Administradora Boliviana de Caminos).

Este es un ejemplo de los datos obtenidos, el resto está en Anexos (Ver Anexo 2)

DATOS OBTENIDOS DE LOS PLANOS

M19- Planta Perfil 67+260 - 68+880

Curva Nro.	R	Δ	Le	T	Lc	Coordenadas PI		Peraltes	
						N	E	Izq.	Der.
244	150,00	65 °04 '29 "	50,00	121,118	120,365	154199,920	115174,083	7,80	-7,80
245 A	150,00	64 °01 '57 "	50,00	119,200	117,637	154025,055	115415,954	7,80	-7,80
246	150,00	40 °32 '51 "	50,00	80,642	56,153	153636,706	115348,188	-7,80	7,80
247	82,411	24 °20 '01 "	35,00	35,375	0,000	153492,953	115433,370	-6,80	6,80
248	200,00	13 °42 '82 "	40,00	44,099	7,902	153363,607	115447,686	-3,50	3,50
249	220,00	26 °40 '49 "	40,00	72,235	62,445	153110,651	115536,125	-3,20	3,20
250	85,00	67 °27 '20 "	40,00	77,233	60,072	152990,932	115659,886	6,60	-6,60

3.4 Análisis de los parámetros de diseño de la carretera actual.

Según los parámetros de diseño de la carretera se logró identificar curvas de radio de 30 m las mínimas.

En la planilla siguiente se encuentra las curvas que serán estudiadas para aplicar un rediseño se optó por tomar en cuenta las curvas con radios de 30 m hasta de 63 m como límite (Ver en anexos las demás progresivas (Ver Anexo 3):

M19- Planta Perfil 68+880 - 70+500

Curva Nro.	R(m)
253	43,00
254	40,00
255	63,00
256	40,00

Con estas curvas ya elegidas para verificar un rediseño se procedió a medir en campo el sobreebancho de diseño que se encontraba entre los rangos de 0,40 y 0,60 m en algunas curvas.

3.5 Rediseño geométrico en base al vehículo tipo Bitren.

3.5.1 Cálculo del sobreebancho

Se tomó en cuenta los siguientes datos para el rediseño:

Longitud de vehículo: 6,27 m

Velocidad de diseño: 60 km/h

Número de carriles: 2

Se calculó con las normas AASTHO y la ABC, pero en el rediseño se utilizó los valores obtenidos por la norma ABC.

Norma AASTHO:

$$X = \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) * N + \frac{0,10 * V}{\sqrt{R}}$$

Donde:

R = Radio de curvatura (m)

N = Número de carriles en un mismo sentido.

V = Velocidad de proyecto (Km/h).

L = Longitud del vehículo tipo (m).

X = Sobreebancho o ampliación (m).

Norma ABC:

TIPO DE VEHÍCULO (Lt en m)	PARÁMETRO DE CÁLCULO (m)	E (m)	e.int (m)	e.ext (m)	RADIOS LÍMITE (m)
CALZADA EN RECTA 7,0 m (n = 2) 0,5 m ≤ E ≤ 3,0 m E = e.int + e.ext h1 = 0,6 m h2 = 0,4 m					
Camión Unid. Simple Lt = 11,0* Bus Corriente Lt = 12,0	Lo = 9,5	$(Lo^2/R) - 0,2$	0,65 E	0,35 E	30 ≤ R ≤ 130
Bus de Turismo Lt = 13,2* Bus de Turismo Lt = 14,0*	Lo = 10,5 Lo = 10,6	$(Lo^2/R) - 0,2$	0,65 E	0,35 E	35 ≤ R ≤ 160
Semitrailer Lt = 16,4	L1 = 5,6 L2 = 10,0	$((L1^2 + L2^2)/R) - 0,20$	0,70 E	0,30 E	45 ≤ R ≤ 190
Semitrailer Lt = 18,6*	L1 = 5,6 L2 = 12,2				60 ≤ R ≤ 260
Semitrailer Lt = 22,4*	L1 = 5,6 L2 = 15,5				85 ≤ R ≤ 380

Si e.int calculado ≤ 0,35 m, se adopta e.ext = 0 y se da todo el ensanche E en e.int.

Según la
AASTHO

Según la
ABC

Dato de
Campo

**Sobrancho
necesario
para
aumentar**

M19- Planta Perfil 67+260 - 68+880

Curva Nro.	V (km/h)	R(m)	X(m)	E (m)	S(m)	Δ= E-S
244	60	0,00	0,00	0,00	0,40	-0,40
245 A	60	150,00	0,75	0,00	0,40	-0,40
246	60	150,00	0,75	0,00	0,40	-0,40
247	60	150,00	0,75	0,00	0,40	-0,40
248	60	82,41	1,14	0,28	0,40	-0,12
249	60	200,00	0,62	0,00	0,40	-0,40
250	60	220,00	0,58	0,00	0,40	-0,40

(Ver anexo 4)

Después de calculado el sobrancho nuevo necesario para un bitren se hace el rediseño en cada uno de las curvas a modificar descartando curvas que necesitan un aumento de sobrancho de tan solo 0,02 m hasta 0,07 m.

Estas curvas son:

	Según la ABC	Dato de Campo	Sobreancho necesario para aumentar	
M19- Planta Perfil 68+880 - 70+500				
Curva Nro.	R(m)	E (m)	S(m)	$\Delta = E-S$
255	63,00	0,42	0,40	0,02
M19- Planta Perfil 78+020 - 79+600				
Curva Nro.	R(m)	E (m)	S(m)	$\Delta = E-S$
10	60,00	0,46	0,40	0,06
M19- Planta Perfil 79+600 - 81+200				
Curva Nro.	R(m)	E (m)	S(m)	$\Delta = E-S$
21	61,50	0,44	0,40	0,04
M19- Planta Perfil 81+200 - 82+800				
Curva Nro.	R(m)	E (m)	S(m)	$\Delta = E-S$
21	61,50	0,44	0,40	0,04
22	60,00	0,46	0,40	0,06
M19- Planta Perfil 85+960 - 87+560				
Curva Nro.	R(m)	E (m)	S(m)	$\Delta = E-S$
61	60,00	0,46	0,40	0,06
M19- Planta Perfil 89+160 - 90+580				
Curva Nro.	R(m)	E (m)	S(m)	$\Delta = E-S$
8877	59,00	0,47	0,40	0,07
M19- Planta Perfil 93+780 - 95+240				
Curva Nro.	R(m)	E (m)	S(m)	$\Delta = E-S$
3322	60,00	0,46	0,40	0,06
3323	60,00	0,46	0,40	0,06
3327	60,00	0,46	0,40	0,06

M19- Planta Perfil 98+420 - 100+020

Curva Nro.	R(m)	E (m)	S(m)	$\Delta = E-S$
PI - 13	60,00	0,46	0,40	0,06
PI - 13a	60,00	0,46	0,40	0,06
PI - 14	60,00	0,46	0,40	0,06
PI - 15	60,00	0,46	0,40	0,06

M19- Planta Perfil 100+020 - 101+620

Curva Nro.	R(m)	E (m)	S(m)	$\Delta = E-S$
PI - 19	60,00	0,46	0,40	0,06

M19- Planta Perfil 103+200 - 104+783,56

Curva Nro.	R(m)	E (m)	S(m)	$\Delta = E-S$
PI - 5	60,00	0,46	0,40	0,06
PI - 15	60,00	0,46	0,40	0,06

M19- Planta Perfil 111+180 - 112+780

Curva Nro.	R(m)	E (m)	S(m)	$\Delta = E-S$
PI - 6	60,00	0,46	0,40	0,06

M19- Planta Perfil 115+980 - 117+580

Curva Nro.	R(m)	E (m)	S(m)	$\Delta = E-S$
PI - 2c	60,00	0,46	0,40	0,06

M19- Planta Perfil 120+780 - 122+380,47

Curva Nro.	R(m)	E (m)	S(m)	$\Delta = E-S$
PI - 18	60,00	0,46	0,40	0,06

3.5.2 Cálculo del volumen de tierra.

Con las secciones transversales se procedió a sacar el volumen de los de terreno excedente en las curvas (Ver Anexo 5):

M19- Planta Perfil 68+880 - 70+500								
Curva 253								
Progresivas	Ancho de diseño (m)	Ancho de diseño con sobreancho actual (m)	Sobreancho (m)	Ancho Modificado con sobreancho (m)	Área excedente (m2)	d (m)	Volumen en exceso (m3)	
TE	69+267,245	5	5	0	5	0	0	0
EC	69+297,245	5	5,40	0,71	5,71	0,155	30	2,325
CE	69+361,972	5	5,40	0,71	5,71	0,155	64,727	10,033
ET	69+391,972	5	5	0	5	0	30	2,325
							Total	14,683
Curva 254								
Progresivas	Ancho de diseño (m)	Ancho de diseño con sobreancho actual (m)	Sobreancho (m)	Ancho Modificado con sobreancho (m)	Área excedente (m2)	d (m)	Volumen en exceso (m3)	
TE	69+422,860	5	5	0	5	0	0	0
EC	69+461,153	5	5,40	0,78	5,78	0,19	38,293	3,638
CE	69+480,062	5	5,40	0,78	5,78	0,19	18,909	3,593
ET	69+510,062	5	5	0	5	0	30	2,850
							Total	10,081
Curva 256								
Progresivas	Ancho de diseño (m)	Ancho de diseño con sobreancho actual (m)	Sobreancho (m)	Ancho Modificado con sobreancho (m)	Área excedente (m2)	d (m)	Volumen en exceso (m3)	
TE	69+655,947	5	5	0	5	0	0	0
EC	69+690,947	5	5,40	0,78	5,78	0,19	35	3,325
CE	69+691,681	5	5,40	0,78	5,78	0,19	0,734	0,139
ET	69+726,681	5	5	0	5	0	35	3,325
							Total	6,789

3.5.3 Cálculo del costo total

(Ver anexo 6)

Ítem	Descripción	Unidad	Precio Total
	Movilización		
1	Excavación de suelo con Maquinaria (costo)	m ³	360,473
2	Carguío y explanado de Escombros	m ³	918,623927
3	Remoción de derrumbes, transporte < 300 m	m ³	1077,54199
	Pavimentación		
4	Conformación de subrasante	m ²	145,255
5	Capa Sub Base (Provisión y Ejecución)	m ³	1953,436
6	Capa Base (Provisión y Ejecución)	m ³	2180,603
7	Imprimación Asfáltica (Suministro y Ejecución)	m ²	1244,686
8	Carpeta de concreto asfaltico	t	13400,2731
	Total (\$)		21280,89202
	Total (Bs)		148115,0084

Ítem	Descripción	Unidad	Precio Total
	Movilización		
1	Excavación de suelo con Maquinaria (costo)	m ³	360,473
2	Carguío y explanado de Escombros	m ³	918,623927
3	Remoción de derrumbes, transporte < 300 m	m ³	1077,54199
	Pavimentación		
4	Conformación de subrasante	m ²	145,255
5	Capa Sub Base (Provisión y Ejecución)	m ³	1953,436
6	Capa Base (Provisión y Ejecución)	m ³	2180,603
7	Imprimación Asfáltica (Suministro y Ejecución)	m ²	1244,686
8	Carpeta de concreto asfaltico	t	13400,2731
	Obras de drenaje		
10	Cuneta revestida	m	82295,1367
	Total (\$)		103576,0287
	Total (Bs)		720889,1599

El costo total de la ampliación de sobreanchos es 103576,03 \$us.

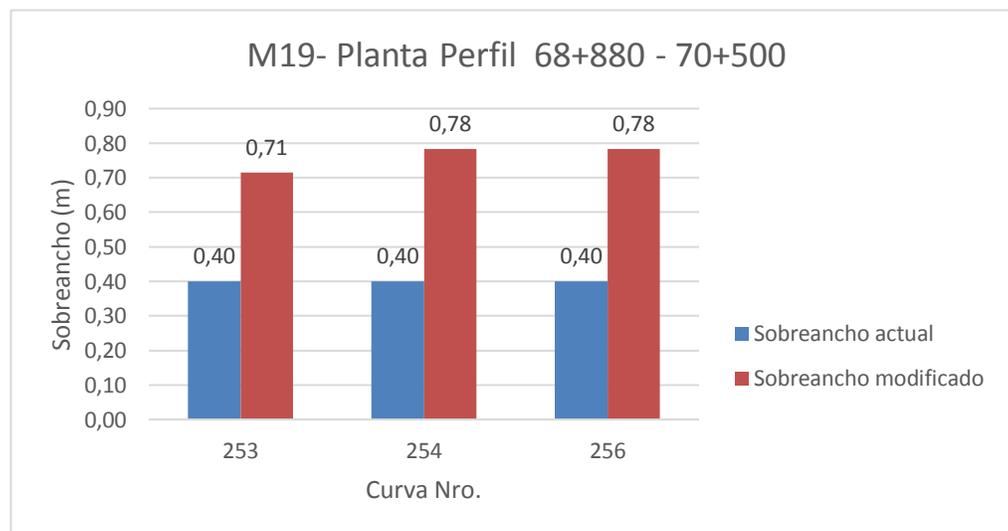
3.6 Análisis de resultados.

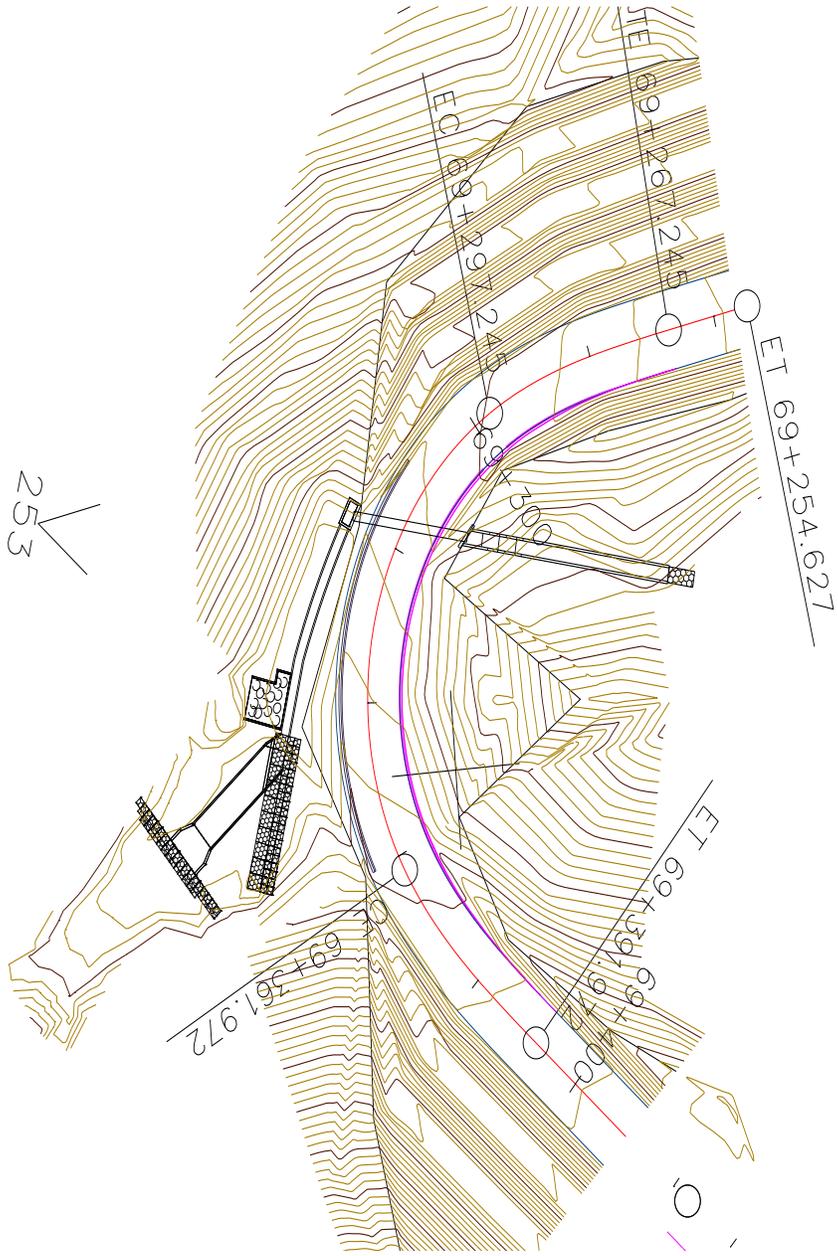
Se pudo verificar que en los cálculos realizados que 67 curvas necesitan un rediseño aproximadamente es necesario tener sobreanchos de 0.51 m hasta en algunos casos de 1.11 m, también hay sobreanchos que necesitan un cambio de 0,06 m y fueron descartados debido a que sería innecesario el trabajo de aumentar solo 6 cm en la carretera.

M19- Planta Perfil 68+880 - 70+500

Curva Nro.	R(m)	E (m)	S(m)
253	43,00	0,71	0,40
254	40,00	0,78	0,40
256	40,00	0,78	0,40

De la progresiva 68+880 – 70+500 necesitan un rediseño 3 curvas de 9 curvas que tiene el tramo.





M19- Planta Perfil 68+880 - 70+500
M19- Planta Perfil 79+600 - 81+200
M19- Planta Perfil 81+200 - 82+800
M19- Planta Perfil 82+800 - 84+360
M19- Planta Perfil 84+360 - 85+960
M19- Planta Perfil 85+960 - 87+560
M19- Planta Perfil 87+560 - 89+160
M19- Planta Perfil 89+160 - 90+580
M19- Planta Perfil 90+580 - 92+180
M19- Planta Perfil 92+180 - 93+780
M19- Planta Perfil 93+780 - 95+240
M19- Planta Perfil 95+240 - 96+820
M19- Planta Perfil 98+420 - 100+020
M19- Planta Perfil 101+620 - 103+200
M19- Planta Perfil 111+180 - 112+780
M19- Planta Perfil 115+980 - 117+580
M19- Planta Perfil 117+580 - 119+180
M19- Planta Perfil 120+780 - 122+380,47

Total, de curvas	Curvas rediseñadas		% del Total de Curvas en 57,21 km
	Nro.	%	
9	3	33,33	0,783
10	3	30,00	0,783
14	6	42,86	1,567
13	7	53,85	1,828
11	4	36,36	1,044
13	7	53,85	1,828
13	2	15,38	0,522
13	3	23,08	0,783
15	12	80,00	3,133
13	6	46,15	1,567
16	6	37,50	1,567
12	2	16,67	0,522
13	1	7,69	0,261
11	1	9,09	0,261
12	1	8,33	0,261
11	2	18,18	0,522
13	2	15,38	0,522
10	1	10,00	0,261
Total			17,494

CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.

- Se analizó los parámetros geométricos de la carretera en base a los planos proporcionados de las progresivas 67+260 y 124+460 llegando a verificarse que las curvas con problemas de sobreancho son las que están comprendidas entre los radios de 30 m y 63 m.
- El estudio realizado nos permite concluir que el tramo cuyas condiciones geométricas son más desfavorables son entre Emborozu y km19 debido a los radios de curvatura menores, lo que exige sobreanchos mayores para la velocidad de proyecto y circulación.
- De las 383 curvas evaluadas, el 23,76 % de las curvas no cumplen con un sobreancho necesario para la transitabilidad del vehículo tipo.
- Determinados ya los sobreanchos en las curvas se optó por descartar el rediseño del 6,266 % de curvas debido a que no necesitaban más de 6 cm de aumento en el sobreancho.
- El análisis de costos se basó en el volumen que demandó el movimiento de tierras en cada curva concluyendo que si este volumen es menor cerca a cero menor será su costo.
- Se logró calcular un costo total de 103576,03 \$us para la ampliación del sobreancho necesario.

4.2 Recomendaciones.

- Es necesario un rediseño en el tramo más desfavorable de la carretera comprendido entre Emborozu y km19.
- Se debería optar por construir las carreteras interoceánicas con miras a vehículos de gran magnitud en un futuro, para que no sea necesario aplicar rediseños.
- Los vehículos Bitren al tener longitud de 19,80 m distribuye sus cargas y favorece al deterioro de las carreteras por eso es recomendable vehículos de este tipo en nuestras carreteras.
- Las carreteras interoceánicas tienen la finalidad de unir un país con otro que se encuentra con salida al océano, por lo tanto, deben tener un nivel de diseño que cumpla con todos los requisitos para una mejor transitabilidad.