

*Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”
Facultad de Ciencias Técnicas*



**SOLUCIÓN CONCEPTUAL DE REMODELACIÓN CARRETERA
CENTRAL, TRAMO PEÑAS ALTAS – PUENTE SOBRE EL RÍO BUEY
VACA.**

Trabajo de Diploma en Ingeniería Civil

Autora: Yalenis Armenteros Iglesias

Tutores: Ing. Julio Abel Canito Alfonso

Ing. Homero Morciego Esquivel

Matanzas, 2019

PENSAMIENTO

El futuro tiene muchos nombres. Para los débiles es lo inalcanzable. Para los temerosos, lo desconocido. Para los valientes es la oportunidad.

Víctor Hugo.

DEDICATORIA

A toda mi familia que conoce el esfuerzo de estos últimos cinco años de estudio y que ahora llega a su fase final.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres bellos Gisela y Migue por darme la vida, su mano y apoyo incondicional para cada paso que doy.

A mis abuelos (los que están y los que no) por mimarme, darme fuerzas y apoyarme en todo en la vida, les doy hoy el título de la nieta que faltaba.

A mis hermanos Yasmi, Jorge, Dane y Deilis porque son lo máximo y para ellos soy su niña pequeña, la pioja de la casa.

A mi príncipe pequeño Ryan que es la nueva alegría de todos.

A mi tati Jaime, gracias por estar estos cinco años a mi lado, caminar en una misma dirección, por tanto amor y cariño que me hacen fuerte para avanzar en la vida.

A mis tíos Mechi, Daniel, Yaelis y Dulce por su preocupación y quererme como una hija más.

A mis suegros por su apoyo, preocupación, por acogerme como una hija durante estos cinco años.

A mi cuñada Anabel y Javier y sus bellos príncipes, mis sobrinos José y Angelo por ser una dulzura conmigo.

En general a toda mi familia por ayudarme a crecer y formarme. Gracias por todo.

A mi Julio Abel Canito por brindarme esa amistad, horas de dedicación para convertir este sueño realidad

A mi tutor Homero por ayudarme en este paso final de mi carrera estudiantil.

A mis compañeros de aula por esas risas, esperas, estudios, desgracias de suspender, por todo son muy importante.

A mis profesores de los cinco años de carrera por enseñarme y guiarme.

A todas mis amistades que son tan importantes para mí y aunque algunas estén lejos las quiero mucho

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo, Yalenis Armenteros Iglesias, declaro que soy el único autor de este trabajo de diploma y, en tal calidad, autorizo a la Universidad de Matanzas a emplearlo como material de consulta.

Y para que así conste firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

RESUMEN

En la presente investigación que lleva como título Solución Conceptual de remodelación Carretera Central, tramo Peñas Altas- Puente sobre el río Buey Vaca tiene como principal propósito proponer la remodelación del tramo de vía que garantice una mayor fluidez en el tránsito de los vehículos, el cual ha crecido debido al desarrollo industrial y socioeconómico de la provincia y para lograr resolver los problemas de accesibilidad y movilidad en la ciudad. Mediante el empleo de metodologías de cálculo de normas nacionales fundamentadas en normativas internacionales como el *Policy on Geometric Design of Highways and Streets* de la *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) y el Highway Capacity Manual (HCM) se propuso un rediseño de la vía donde se varía sus características geométricas y también se utilizaron herramientas informáticas como AutoCad, Microsoft Office Excel y EndNote X9, que permiten agilizar el procesamiento y corrección de datos. En consecuencia con las características del área de emplazamiento se propone el esquema de sección transversal para la remodelación de la vía y las posibles soluciones en varias secciones del tramo para lograr una mejor comprensión. Los resultados obtenidos contribuyen al Plan General de Ordenamiento Territorial y Urbano (PGOTU) para la ciudad de Matanzas, elaborado por la Dirección Provincial de Planificación Física (DPPF), y de interés también, para el Centro Provincial de Vialidad para que se tenga en cuenta por su importancia como interés en la provincia.

Palabras claves: remodelación, solución conceptual, accesibilidad, movilidad, rediseño.

ABSTRACT

In the present research entitled Conceptual Solution of remodeling Carretera Central, stretch Peñas Altas- Bridge on the river Buey Vaca has the main purpose of proposing the remodeling of the stretch of track that guarantees a greater fluidity in the transit of the vehicles, which has grown due to the industrial and socio-economic development of the province and to solve the problems of accessibility and mobility in the city. Using national standards calculation methodologies based on international regulations such as the American Association of State Highway and Transportation Officials 'Policy on Geometric Design of Highways and Streets (AASHTO) and the Highway Capacity Manual (HCM) proposed a redesign of the track where its geometric features are varied and computer tools such as AutoCad, Microsoft Office Excel and EndNote X9 were also used, which allow to speed up the processing and correction of data. Consistent with the characteristics of the site area, the cross-sectional scheme for the remodeling of the track and possible solutions in various sections of the section are proposed to achieve a better understanding. The results obtained contribute to the General Plan of Territorial and Urban Planning (PGOTU) for the city of Matanzas, prepared by the Provincial Directorate of Physical Planning (DPPF), and of interest also, for the Provincial Road Centre so that consider its importance as an interest in the province.

Keywords: remodeling, conceptual solution, accessibility, mobility, redesign.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Capítulo 1 Estado del arte y la práctica de remodelación de vías urbanas.	8
1.1- Planeamiento vial de sistemas de vialidades de ciudades.	8
1.1.1. Sistemas de vías	8
1.1.1.1. Categorización funcional.....	9
1.1.1.2- Parámetros geométricos que caracterizan la vía.....	11
1.1.1.3 Normativas nacionales e internacionales para el diseño geométrico de las vías	13
1.1.2- Atributos característicos de las ciudades	14
1.1.2.1- Accesibilidad	14
1.1.2.2. Movilidad.....	15
1.1.3 Soluciones posibles para mejoras de vialidades.	16
1.1.3.1 Remodelación de vías.	17
1.2 Justificación de la remodelación a la vía	18
1.2.1 Período de diseño.....	19
1.2.2. Tiempo de recorrido.....	20
1.2.3 Nivel de servicio	20
1.2.4 Corrientes vehiculares.....	22
1.3- El desarrollo de las ciudades y sus redes viales.....	23
1.3.1 Evolución de los centros urbanos	24
1.4 Solución Conceptual, la interfase de la documentación técnica del proyecto.	25
Conclusiones Parciales.....	27
Capítulo 2 Materiales y métodos	28
2.1- Análisis del sistema vial de la ciudad de Matanzas y su entorno.	28
2.2- Estudios de campo	29
2.2.1 Velocidad de operación.....	29
2.3- Previsión de la demanda actual de tráfico.	30
2.3.1- Tránsito futuro. Factor de proyección del tránsito	31
2.4. Procedimiento para determinar la capacidad vial, volumen y nivel de servicio....	32
2.5- Categorización técnica de la vía.	34
2.6- Requisitos de diseño.	34
2.6.1 Tipo de terreno.	34
2.6.2 Velocidad de diseño.	35
2.6.3 Sección transversal típica.....	36
2.6.3.1. Ancho de carriles.	36
2.6.3.2. Bombeo del pavimento.	38
2.6.3.3. Paseos y bermas.	38
2.6.3.4. Ancho del separador central o mediana.	39
2.6.3.5 Taludes	40
2.6.4 Trazado en planta.....	41
2.6.5. Trazado en perfil.	43
Conclusiones Parciales.....	45
Capítulo 3 Análisis de los Resultados.....	46
3.1. Análisis del estudio de campo. Determinación de la velocidad de operación. ..	46

3.2.	Determinación de la demanda de tráfico actual	47
3.2.1	Determinación del tránsito futuro.	49
3.3.	Determinación de la capacidad vial, volumen y nivel de servicio.	50
3.4.	Determinación de la categorización funcional.	53
3.5.	Determinación de los requisitos de diseño.	54
3.5.1.	Determinación del tipo de terreno.....	54
3.5.2.	Determinación de la velocidad de diseño.	54
3.5.3.	Determinación de la sección transversal típica.	55
3.5.3.1.	Determinación del ancho de carriles.	55
3.5.3.2.	Determinación del bombeo del pavimento.....	55
3.5.3.3.	Determinación del ancho de los paseos y bermas.	56
3.5.3.4.	Determinación del ancho del separador central o mediana.	56
3.6.	Propuesta final	58
	Conclusiones	67
	Recomendaciones	68
	Referencias Bibliográficas	69
	Anexos	72
	Anexo # 1	72
	Anexo # 2.....	73
	Anexo # 3.....	74
	Anexo # 4.....	75
	Anexo # 5.....	76
	Anexo # 6.....	78
	Anexo# 7.....	79
	Anexo# 8.....	80
	Anexo# 9.....	81
	Anexo# 10.....	82

INTRODUCCIÓN

Por las características que posee la Isla de Cuba, al ser larga y estrecha, se hizo necesario la construcción de caminos, puesto que las comunicaciones para los habitantes eran una barrera. En mayo de 1925 con la presidencia de Gerardo Machado se propone conectar los principales centros de población y aprovechar al máximo el trazado de las calzadas y caminos existentes. La construcción de la Carretera Central se destacó por el beneficio social y económico que aportó al país, y logra la comunicación en las dos terceras partes de la isla.

Matanzas, fundada en 1693, presenta particularidades únicas para Cuba y en nuestra área geográfica, por la entronizada fusión alcanzada entre sus privilegios naturales y el medio físico construido (González Arestuche, 2011). La red vial de la ciudad, incluyendo el centro histórico, está constituida por una retícula ortogonal casi perfecta en toda su estructura. En sus vías hay presencia de nudos que resultan conflictivos, en los que se encuentra, la Calzada General Betancourt, (desde La Panchita, hasta Peñas Altas), sección de carretera donde el viaducto no llegó y que posee altos volúmenes vehiculares fuertes de paso en las direcciones Habana – Varadero y Matanzas – sur de la provincia, esto trae conflictos entre los usuarios de la vía, en busca de los servicios y con la circulación en esta zona, y el nudo de Peñas Altas, donde convergen en un ángulo demasiado agudo, dos flujos vehiculares importantes y de gran magnitud: Carretera Central y Vía Blanca Matanzas – Varadero. La puesta en servicio de un semáforo sencillo brinda ayuda a las dificultades presentes, pero son usuales los accidentes, el cruce constante de peatones de la zona en busca de servicios y el gran volumen vehicular que se mueve en esa zona hace de este punto, uno de los conflictos mayores que posee la ciudad actualmente.

Con el paso de los años evolucionan las poblaciones y los centros urbanos, crece así la necesidad de transporte y aumenta el flujo vehicular. El período de diseño para una carretera es el tiempo seleccionado al comenzar el diseño, con el fin de satisfacer las exigencias para su puesta en servicio. La presencia de una red de vías apropiadas para el

transporte de mercancías y pasajeros es interés de la economía nacional, por lo que hace necesario realizar un correcto diseño de las carreteras mediante el que se alcance mínimos gastos de construcción, mantenimiento y explotación. La Carretera Central fue diseñada con un ancho de calzada en zonas despobladas de 6 metros y para el interior de los pueblos de 8 metros, exceptuándose en la provincia de Matanzas donde es menor de 6 metros el ancho de las calles. Como parte de la Carretera Central el tramo de Peñas Altas hasta Puente sobre el río Buey Vaca, además de ser el tramo que conecta a Matanzas como cabecera de provincia con el resto de sus municipios presenta deficiencias en el diseño, limitantes en el terreno, anchos de carriles angostos que dificultan la maniobrabilidad y contribuyen a crear problemas de seguridad, confort e insuficiencias a lo largo de la vía, por lo que hoy en día los servicio que brinda no están en correspondencia con los altos volúmenes de tráfico debido al desarrollo industrial y económico en la ciudad

Las dificultades expuestas es una alerta para especialistas y autoridades del territorio, la necesidad de remodelar este tramo de vía como solución de la congestión en la vía para años futuros, por lo que se requiere de una inversión destinada a los servicios como infraestructura necesaria para el desarrollo sostenible, lo cual está en concordancia con el Lineamiento No. 89 de la política y social del Partido y la Revolución.

Estudios precedente (Rodríguez Rodríguez, 2016, Arencibia Fundora, 2016, Morejón Acosta, 2016) consideran la necesidad de remodelar el tramo de Carretera Central a la entrada de Matanzas, para lograr una mejor movilidad y accesibilidad del tránsito en la ciudad, reducir los tiempos operacionales, contribuyendo a la seguridad y confort de los viajeros.

Luego haber detallado las fundamentaciones anteriores se define como **situación problemática:**

La necesidad de remodelar el tramo de vía de Peñas Altas hasta el puente sobre el río Buey Vaca debido a la existencia de problemas de movilidad por altos volúmenes de tránsito, para lograr así un diseño que satisfaga las dificultades actuales. Se requiere

entonces, poner en marcha un estudio investigativo guiado por el siguiente **problema científico:** ¿Cómo remodelar la Carretera Central en el tramo Peñas Altas – Puente sobre el río Buey Vaca para lograr un diseño que resuelva los problemas de accesibilidad y movilidad debido al aumento del flujo vehicular?

Objeto de Estudio: Remodelación de la vía suburbana con el propósito de mejorar los atributos de movilidad y accesibilidad en un tramo de vía.

Campo de acción: La remodelación del tramo de vía como respuesta a los problemas de movilidad y accesibilidad en el tramo desde Peñas Altas hasta el puente sobre el río Buey Vaca

De acuerdo a lo expuesto anteriormente se tiene la siguiente **hipótesis:** si se remodela la Carretera Central en el tramo Peñas Altas- Puente sobre el río Buey Vaca para el perfeccionamiento de sus características geométricas, se logrará en la vía confort, seguridad y mejora de los atributos de la ciudad.

Variable independiente: Propuesta de remodelación de la Carretera Central en el tramo Peñas Altas- Puente sobre el río Buey Vaca.

Variable dependiente: Mejora de las características geométricas, accesibilidad y movilidad de la infraestructura vial de la Carretera Central.

Objetivo General: Proponer la remodelación del tramo de vía a nivel de Solución Conceptual que garantice una mayor fluidez en el tránsito de los vehículos.

Objetivos específicos:

- Analizar el estado del arte y la práctica de remodelación del diseño de vías urbanas y planeamiento de sistemas de vías en las ciudades

- Caracterizar los parámetros de diseño en la remodelación de vías en la interfase de Solución Conceptual.
- Elaborar la Solución Conceptual de la remodelación de la Carretera Central en el tramo Peñas Altas- Puente sobre el río Buey Vaca.

Para la investigación se utilizó varios **métodos científicos** subdividiéndose en **métodos teóricos** y del cual se emplearon los siguientes:

- Análisis- síntesis

Luego de definir el objetivo general que sigue la investigación, fueron recopiladas diversas bibliografías que permiten extraer la información referente al tema, se realizó el fichaje para su posterior procesamiento, tras una lectura que tuvo como fin caracterizar los elementos relacionados en la búsqueda y lograr la concatenación entre los mismos, que posibilite el logro de los objetivos.

- Histórico- lógico

Con el empleo de este método se logra la descripción del objeto de estudio, y luego de la revisión bibliográfica fue posible crear un resumen de los antecedentes de la resolución de conflictos en la remodelación de vías a nivel nacional e internacional.

- Inducción- deducción

Se toma como referente los resultados de investigaciones basadas en el procesamiento de datos provenientes de aforos vehiculares realizados por las autoridades administrativas y organismos rectores especializados en evaluar y caracterizar el comportamiento del tráfico, se indujo la variación de características del diseño del tramo de vía debido al comportamiento de las corrientes vehiculares donde se logra identificar que la vía llegará a su capacidad máxima en un corto período de tiempo.

- Inferencia de datos

Mediante el uso de informes publicados de forma oficial y emitidos por las autoridades rectoras de la economía nacional, se tomó datos de la estructuración de la vialidad en la ciudad de Matanzas del Plan General de Ordenamiento Urbano de Matanzas. A partir de pautas establecidas a mediano y largo plazo, se infirieron valores representativos para los marcadores del desarrollo nacional, en vistas a ser empleados en el análisis matemático mediante métodos numéricos que se llevaron a cabo una vez definido el valor de mayor impacto en la zona, ajustados para su posterior empleo en el análisis inductivo-deductivo a realizar a los patrones de las corrientes vehiculares.

Dentro de los **métodos empíricos** fueron empleados los siguientes:

- Observación directa

Es importante el reconocimiento del terreno con el fin de obtener una visión más real de los parámetros geométricos que caracterizan a la vía y las condiciones topográficas de la zona de estudio y así lograr una mejor concepción de diseño geométrico y estético de la solución vial.

- Revisión de documentos

Con el objetivo de ahondar en parámetros fundamentales del diseño de la Carretera Central se indagarán en diferentes fuentes tanto en formato impreso como digital y de varios idiomas.

Los **valores** que se destacan en la investigación son:

Desde el punto de vista **social**, la Carretera Central es una de las siete maravillas de la ingeniería civil cubana, constituye la principal vía de transporte automotor en el país, de ahí la importancia de continuar con su funcionabilidad con nuevos parámetros geométricos que permita a la sociedad: seguridad, comodidad, evitar tiempos de demora, de forma que la circulación se logre de manera agradable.

La remodelación del tramo de Carretera Central, añadiéndole nuevos carriles busca disminuir o eliminar la brecha entre la infraestructura actual y la que necesariamente debe

existir para el desarrollo de la sociedad y contribuya al transporte de mercancías en vehículos automotor, por lo que adquiere valor **económico** la investigación.

Posee la investigación valor **práctico**, pues se dispondrá de una propuesta de remodelación al diseño actual del tramo de vía a partir de la etapa de Solución Conceptual dentro del ciclo de vida del proyecto, en el que se proponen valores reales, adecuados a las normativas actuales para el diseño de carreteras y de esta manera se queda plasmado un diseño que podrá ser aplicado en cualquier sección de la Carretera Central que lo requiera.

Mediante el empleo de metodologías de cálculos y diseño a las condiciones de la zona de estudio se crea un procedimiento para la mejora de las características geométricas del vial, que encierra el valor **metodológico** de la presente investigación.

Debido a la necesidad de remodelar el tramo perteneciente a la Carretera Central, la investigación posee valor **urbanístico** al constituir un aporte al Plan General de Ordenamiento Territorial y Urbano (PGOTU) de la Dirección Provincial de Planificación Física (DPPF), en el que estarán contemplados las nuevas características geométricas del vial.

Estructura perteneciente al Trabajo de Diploma:

- **Resumen / Abstract**
- **Índice**
- **Introducción**

En ella se define la situación problemática y se formula el protocolo de la investigación, en el cual se precisan el problema científico, objetivo general, objetivos específicos y la hipótesis, así como los métodos utilizados en la investigación.

- **Capítulo I:** Estado del arte y la práctica de remodelación del diseño de vías urbanas.

En este capítulo se efectúa un estudio sobre el estado del arte del planeamiento vial de sistemas de vialidades de ciudades, se realiza la caracterización del caso de estudio lo que permite brindar soluciones posibles para la mejora del vial, se analiza los antecedentes, la categorización funcional de las vías y las ventajas de las remodelaciones, así como el estudio de las normativas nacionales e internacionales para el diseño geométrico de las vías.

- **Capítulo II:** Materiales y métodos.

Mediante la aplicación de los estudios de Ingeniería de Tránsito se determina el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) y el Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD) para el período de diseño, y mediante los cálculos conocer el nivel de servicio de la vía. Análisis de las variantes del trazado de la vía y los requisitos a tener en cuenta para su diseño, como la topografía del terreno, geología de la zona, velocidades de diseño, redes técnicas y obras de fábricas presente en este tramo.

- **Capítulo III:** Propuesta de solución conceptual de la remodelación del vial.

En este capítulo se demuestra la necesidad de la propuesta de pre- diseño en planta y perfil de la remodelación de la Carretera Central en el tramo Peñas Altas- Puente sobre el río Buey Vaca, se realiza el predimensionamiento de los elementos que conforman la vía y se lleva a cabo la evaluación de los resultados obtenidos según el alcance y precisión de la interfase de solución conceptual.

- **Conclusiones:**

Luego de ser aplicados los diferentes métodos utilizados en la investigación a partir de la situación problemática y obtenidos los resultados de la misma, se arriba a las conclusiones a partir de los objetivos específicos expuestos por el autor.

- **Recomendaciones**

- **Bibliografía**

- **Anexos**

CAPÍTULO 1 ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA DE REMODELACIÓN DE VÍAS URBANAS.

En este capítulo se muestra elementos indispensables para poder conformar el diseño de la remodelación de un tramo de vía de la Carretera Central, en la fase de Solución Conceptual, para lo cual se examina las fuentes bibliográficas con basamento científico, relacionadas con el tema.

1.1- Planeamiento vial de sistemas de vialidades de ciudades.

La problemática causada por el crecimiento desordenado de las ciudades es típicamente afrontada por las entidades a cargo de la planeación de manera sectorial, lo que ha conducido a desarticulaciones funcionales de la vida urbana, razón por la cual se hace necesario coordinar y ensamblar los procesos de cada uno de los sectores enfocándolos hacia el mismo modelo de ciudad, para establecer estrategias, políticas y proyectos que obedezcan a las políticas e inversiones globales del desarrollo y crecimiento de ciudad (Castaño Contreras, 2012).

Los Planes Generales de Ordenamiento Territorial y Urbano de las ciudades (PGOTU) son el Instrumento rector de la actividad Gubernamental del Municipio y la Ciudad; su esencia reside en ser el papel coordinador de las inversiones tanto estatales como privadas, supone un enfoque integrador y de reflexión global, compatibiliza no sólo los aspectos del territorio((DPPF), 2011).

1.1.1. Sistemas de vías

Para el desarrollo económico y social de un país, la red vial constituye uno de los patrimonios más valiosos, es primordial para el crecimiento productivo y mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Las ciudades para ofrecer un servicio de transporte dependen fundamentalmente de sus sistemas de vías, estos sistemas, muchas veces tienen que operar por encima de su capacidad, para lograr satisfacer los incrementos de demanda por servicios de transporte,

ya sea para el paso de vehículos comercial, ligeros, transporte público o acceso a las distintas propiedades, servicios o estacionamientos.

La conformación típica de una red vial es contar con un reducido porcentaje de dicha red diseñada para atender flujos considerables de movimiento vehicular, que operan complementariamente con una porción significativa de la longitud total de la red sometida a demandas del tránsito de menor cuantía. En el marco de ese desbalance, resalta el hecho de que la operatividad funcional de la red vial depende, en términos del total de vehículos-kilómetros que atiende, más del buen funcionamiento de las vías primarias y expresas que de las vías terciarias y locales(Centroamericana, 2004a).

A partir de la bibliografía consultada la autora considera como sistema de vías al conjunto de carreteras, tanto urbanas como rurales, que conectan toda la urbe para satisfacer las necesidades de accesibilidad, movilidad y conectividad correspondientes con el progreso socioeconómico.

1.1.1.1. Categorización funcional

La clasificación funcional, establece sistemas integrados que agrupa las carreteras en grandes categorías de similares características según sus objetivos, según la naturaleza del servicio que están supuestas a brindar, lo que a su vez tiene relación con la estructura y categorización de los viajes que requieren el mismo grado de ingeniería y competencia administrativa.

En el ámbito nacional se establece según (Normalización, 1987, Normalización, 2010b) como clasificación funcional de las vías rurales y urbanas:

- Vías expresas
- Arterias principales
- Arterias menores
- Colectoras
- Locales

Las zonas rurales y urbanas tienen fundamentalmente diferentes características con respecto a la densidad y tipos de usos del suelo, la densidad de la vía y red de carreteras, naturaleza de los patrones de viajes y la forma en que estos elementos están relacionados.

Vía urbana: es aquella vía que se encuentra dentro del perímetro urbano, se caracteriza por tener un tránsito o flujo de vehículos interrumpido, pudiendo existir tramos con flujo ininterrumpido.

Vía rural: carreteras y caminos para fines de tránsito de vehículos y peatones, incluyen el área dentro de la faja de emplazamiento, se encuentran por lo general, fuera de los perímetros urbanos.

En el ámbito internacional el Manual de Diseño de Carreteras del Perú (Scipion Piñella, 1999) clasifica las vías según su funcionalidad en:

- Carreteras longitudinales: Sistema compuesto por aquellas carreteras que unen las Capitales de Departamento a lo largo de la Nación, de Norte a Sur o viceversa.
- Carreteras transversales: Lo constituyen las carreteras que unen las Capitales de Departamento a través del país de Este a Oeste o viceversa.
- Carreteras colectoras: Son aquellas que unen las Capitales de Provincia, y alimentan a las Vías Transversales y/o Longitudinales.
- Carreteras locales: La componen las vías que unen los distritos, pueblos o caseríos con las carreteras colectoras y/o con otros distritos, pueblos o caseríos.

El Manual Centroamericano Centroamericana (2004b) admite el establecimiento de cinco tipos de carreteras entre rurales y suburbanas, con límites en lo que respecta a volúmenes de tránsito para diseño:

- Autopistas Regionales
- Troncales Suburbanas
- Troncales Rurales
- Colectoras Suburbanas
- Colectoras Rurales

Según Cal y Mayor Reyes Spíndola (2010) en el libro básico de la asignatura Ingeniería de Tránsito, establece la siguiente clasificación funcional:

- Autopistas y vías rápidas

Son las que facilitan el movimiento expedito de grandes volúmenes de tránsito entre áreas a través o alrededor de la ciudad o área urbana. Son divididas, con control total de sus accesos y sin comunicación directa con las propiedades colindantes. Una autopista tiene separación total de los flujos conflictivos, en tanto que una vía rápida puede o no tener algunas intersecciones a desnivel, pero puede ser la etapa anterior de una autopista.

- Calles principales

Son las que permiten el movimiento del tránsito entre áreas o partes de la ciudad. Dan servicio directo a los generadores principales de tránsito, y se conectan con el sistema de autopistas y vías rápidas. Con frecuencia son divididas y pueden tener control parcial de sus accesos. Las calles principales se combinan entre sí para formar un sistema que distribuye el tránsito en toda la ciudad, en todas direcciones.

- Calles colectoras

Son las que conectan las calles principales con las calles locales, que proporcionan a su vez acceso a las propiedades colindantes.

- Calles locales

Proporcionan acceso directo a las propiedades, sean estas residenciales, comerciales, industriales o de algún otro uso; además de facilitar el tránsito local. Se conectan directamente con las calles colectoras y/o con las calles principales.

1.1.1.2- Parámetros geométricos que caracterizan la vía

Según TERRITORIO (2008) los parámetros geométricos que caracterizan la vía son el vehículo de proyecto, la velocidad de proyecto, la distancia de visibilidad, el alineamiento vertical, la sección transversal, las curvas horizontales el gálibo vertical, las guarniciones, las banquetas y los topes.

El Manual Centroamericano Centroamericana (2004b) plantea que estos parámetros son la capacidad y nivel de servicio, velocidad de diseño, la sección transversal, las distancias de visibilidad, el alineamiento horizontal y vertical, el derecho de vía, el alumbrado público y los dispositivos de control.

Los requisitos mínimos de proyecto a establecer para el diseño geométrico de las vías según (Normalización, 2010a) son los siguientes:

- Tipo de terreno
- Velocidad de diseño

- Sección transversal típica:
 - Ancho de los carriles
 - Bombeo del pavimento
 - Ancho de los paseos
 - Pendiente de los paseos
 - Ancho del separador central o mediana
 - Taludes

- Distancia de visibilidad
- Trazado en planta
- Trazado de perfil
- Superelevación y desarrollo de la superelevación
- Coordinación planta – perfil
- Faja de servidumbre

Se puede apreciar que coinciden algunos elementos expuestos anteriormente de las bibliografías consultadas, por lo tanto, la autora considera que los parámetros que caracterizan la vía dependen de la categorización funcional y a la vez del volumen vehicular. Se plantea como parámetros que caracterizan la vía los siguientes:

- Tipo de terreno
- Velocidad de diseño
- Niveles de servicio
- Sección transversal típica
- Trazado en planta
- Trazado en perfil

1.1.1.3 Normativas nacionales e internacionales para el diseño geométrico de las vías

De las normas internacionales la más distintiva es *Policy on Geometric Design of Highways and Streets* de la (AASHTO) (2001) la cual se basa en prácticas establecidas, este documento está previsto para formar un amplio manual de referencias para la asistencia en administración, planificación y educación para el diseño de vías urbanas.

El Manual de Diseño de carreteras de Perú (Scipion Piñella, 1999) está orientado a facilitar la labor del Ingeniero proyectista y a conseguir una razonable uniformidad en los diseños. Los aspectos en este documento son tanto normativos como de recomendación general, abarcan exclusivamente temas geométricos.

En Colombia se trabaja con el Manual de Diseño geométrico de Carreteras TERRITORIO (2008) en el cual se resume los principales criterios modernos para el diseño geométrico de vías, para establecer parámetros que aseguren la solidez y conjugación armoniosa de todos sus elementos, en el cual se incluye procedimientos y la documentación requerida para la elaboración del proyecto.

Para implementar un proyecto de normas técnicas aplicables a las carreteras y el transporte por carretas dentro de la región Centroamericana, se presenta el Manual Centroamericano Centroamericana (2004b) en el cual se establece que la conformación y aprobación de la Red de Carreteras Regionales lleva implícita la necesidad de que su diseño, construcción, mantenimiento y operación se rija por normas y procedimientos de alcance regional, para asegurar su coherencia y uniformidad funcional.

El Manual de Proyectos Geométricos de Carreteras de México Técnicos (2016) desarrolla una metodología de trabajo para el diseño de carreteras con la meta de mejorar la calidad de vida de las ciudades, a través, de uno de sus elementos esenciales, el transporte urbano.

Como parte de las normativas nacionales se destaca la NC 853:2012 Normalización (2012) la cual es una guía para soluciones del diseño geométrico de las carreteras, y solucionar diferentes problemas que se encuentren los proyectistas. Establece la categorización técnica de las carreteras rurales de la red nacional, así como las características geométricas del trazado directo de las mismas. Se aplica a los proyectos de nuevas carreteras, así como la reconstrucción general de las existentes, comprendidas dentro de las categorías I, II, III, IV. La NC 757: 2010 Normalización (2010a) para el

diseño de vías rurales expresas tiene como objetivo establecer los requisitos para el diseño geométrico de las vías expresas rurales de tránsito intenso, los gálibos para cruces, desvío de calzadas y la disposición de áreas para diferentes servicios. Los criterios establecidos pueden ser aplicados en el diseño y/o reproyección de los tramos a construir o terminar de ejecutar o rehabilitar.

1.1.2- Atributos característicos de las ciudades

1.1.2.1- Accesibilidad

La accesibilidad es un concepto y elemento básico en la planificación territorial y el mismo está estrechamente ligado al de distancia que separa a las personas del lugar al que necesita acceder por diferentes motivos. Desde esta arista, la accesibilidad se constituye en una función de la cercanía o proximidad de las personas a un determinado lugar en el que se encuentra su trabajo o cualquier equipamiento o servicio que requiera para satisfacer sus intereses (Ramírez, 2006).

Por su parte para Loyola Gómez (2006) la accesibilidad de un lugar, en términos generales se puede definir como la mayor o menor facilidad con la cual un lugar puede ser alcanzado a partir de uno o varios otros lugares, por uno o varios individuos susceptibles de desplazarse con la ayuda de todos o algunos de los medios de transporte existentes.

Según De Las Rivas Sanz (2008) la accesibilidad es un término frecuentemente empleado para designar el grado, la facilidad de acceso a un punto, en términos de distancia, tiempo o costo. Específicamente, el término también se refiere al número de posibles elecciones de recorridos para una suma determinada de costos de viaje. La accesibilidad es definida como la “calidad del acceso de las personas y las empresas al sistema de movilidad urbana, consiste tanto en la infraestructura como en los servicios”

De Las Rivas Sanz (2008) Entienden por accesibilidad la característica del urbanismo, las edificaciones, del transporte y de los sistemas y medios de comunicación sensorial, que permite a cualquier persona su libre utilización y disfrute, independientemente de su condición física o sensorial

La accesibilidad se une al factor distancia que en ocasiones amplía las condiciones de la movilidad hasta propiciar que ésta se mida ya no en dimensiones territoriales sino en tiempo, dadas las condiciones de tráfico y de transporte que congestionan o impiden una libre accesibilidad por la infraestructura urbana y/o regional con que se cuente (Ramírez Velázquez, 2009).

El estudio de la accesibilidad es una herramienta esencial para el análisis territorial en tanto que permite considerar los tiempos de desplazamiento en vehículo a motor entre todos los núcleos de población, de acuerdo con las condiciones técnicas de cada tramo de la red de carreteras y las características físicas del territorio por el que éstas transcurren, que posibilite así la delimitación de áreas de influencia competitiva entre los centros nodales del sistema de asentamientos (Benabent Fernández de Córdoba, 2017).

La accesibilidad para Jara (2018) es entendida como la potencialidad de un entorno determinado para permitir la interacción entre el individuo y lo que quiere realizar, lo que está de acuerdo con otras definiciones existentes en la literatura.

La autora define la accesibilidad en términos viales como la capacidad que posee la infraestructura de red vial que les permita a las personas acceder a los lugares de destinos.

1.1.2.2. Movilidad

La movilidad es “simplemente un medio para permitir a los ciudadanos, colectivos y empresas acceder a la multiplicidad de servicios, equipamientos y oportunidades que ofrece la ciudad. Específicamente se puede definir también como el conjunto de desplazamientos que las personas y los bienes deben hacer por motivo laboral, formativo, sanitario, social, cultural o de ocio, o por cualquier otro” (Jaramillo Villegas, 2010).

Para Avellaneda (2011), la movilidad deviene en una necesidad, debido que para realizar las actividades de la vida cotidiana es necesario desplazarse, por lo tanto, la inserción social de un individuo, desde el punto de vista de la movilidad, podría determinarse por la capacidad que tenga de desplazarse.

Se puede afirmar que la movilidad urbana es una de las condiciones de base en la organización y en el funcionamiento de la vida diaria de las personas, por lo que algunos autores hablan del “derecho a la movilidad”(Landon C, 2013).

Las universidades como instituciones rectoras de la investigación científica han detectado las pautas de movilidad insustentables, donde el automóvil ha llegado a ser el protagonista del paisaje urbano en perjuicio de otras formas de movilidad más sustentable y de menor consumo energético. Por tanto, han empezado proyectos dentro de sus campus para revertir este problema, que potencialice el uso de otros modos de transporte más sustentables. Tal es el caso de la Universidad Politécnica de Madrid, la Universidad Autónoma de Madrid, la Universidad Nacional Autónoma de México que han implementado diversos programas y proyectos para mejorar la movilidad y promover planes en sus campus (Peresbarbosa Garza, 2013).

Entre los condicionantes básicos de las necesidades de movilidad de una ciudad se hallan las propias dimensiones de la misma, siendo el tamaño de la población un sencillo indicador para categorizar y discriminar núcleos urbanos. El condicionamiento de los desplazamientos no solo vendrá impuesto por los límites del municipio estrictamente hablando, sino además por la configuración regional y sus infraestructuras (Zarca Díaz de la Espina, 2015).

La organización de la movilidad urbana sobre la base de un modo de acceso único, no resuelve la accesibilidad de la mayoría de la población. Se trata de ordenar la movilidad sobre la base del funcionamiento adecuado en cada ámbito urbano de las diversas redes que lo hacen accesible. Gestionar la movilidad también implica proveer una mayor oferta de transporte, racionalizando el uso del viario para el tránsito vehicular e incentivando que los usuarios cambien a modos alternativos de transportes motorizados de calidad y no motorizados (Velázquez M, 2015).

González García (2017) Define como movilidad el grado de facilidad para desplazarse. Está muy ligada al estado de la vía, las velocidades de operación, composición y distribución del tráfico y existencia de dispositivos de control.

La autora define la movilidad como la facilidad de desplazarse por los individuos hacia destinos deseados, en dependencia de la distancia que los conecta.

1.1.3 Soluciones posibles para mejoras de vialidades.

Con el continuo desarrollo de las ciudades la proyección de las redes viales se ha convertido en todo un reto para la Ingeniería Civil, debido que cada vez es necesario la

proyección de soluciones viales más complejas. Es importante destacar que, con el aumento del desarrollo socioeconómico de los países, aumentan los transportes de pasajeros y mercancías, y provoca que los sistemas viales se complejicen. El aumento día a día de los vehículos en las vías hace casi imposible el obviar el tema de congestión vehicular, incrementando de esta forma las demoras en la vía y provocando accidentes (Morejón Acosta, 2016).

1.1.3.1 Remodelación de vías.

Los proyectos de remodelación de vías tienen como objetivo primordial disminuir los costos de viaje (CGV) a las personas, mediante el ahorro de tiempo y la disminución en el desgaste del vehículo y de los consumos de combustibles y lubricantes principalmente (CEPEP, 1996).

La vía mejorada debe ser una carretera cómoda, segura y adaptada a las nuevas exigencias del tránsito. El resultado de mejorar la sección transversal, los alineamientos en planta y en perfil deben ser congruentes con las expectativas que inicialmente se tiene del mejoramiento, cumpliendo con los mismos requerimientos exigidos para el diseño geométrico de una vía nueva. Lograr el cumplimiento de estos criterios es el reto que el diseñador del mejoramiento debe asumir (TERRITORIO, 2008).

El Manual de diseño geométrico de carreteras colombiano TERRITORIO (2008) mencionan algunos criterios generales para el diseño de rectificaciones y mejoras:

- 1) Se deben cumplir los criterios de diseño geométrico correspondientes a carreteras nuevas.
- 2) En las carreteras de dos carriles, garantizar la distancia de visibilidad de parada y una longitud suficiente con visibilidad de adelantamiento.
- 3) El mejoramiento que implica una rectificación debe ser completo y obedecer a estándares congruentes en sus alineamientos horizontal, vertical y en sección transversal.
- 4) Hasta donde sea posible se debe aprovechar la infraestructura existente.
- 5) Corregir los accesos peligrosos a los puentes y eliminar pasos de ferrocarril a nivel.
- 6) En el mejoramiento se deben considerar aspectos estéticos, paisajísticos y ambientales.
- 7) Se debe garantizar la máxima eficiencia de los sistemas de drenaje.

Al mejorar las características geométricas de la vía, se generan mejores radios, menor curvatura del carretero, mayor visibilidad y menores frenados imprevistos, carriles más anchos, lo que incrementará la capacidad del flujo vehicular de la vía, todo lo cual, unido a un plan de mantenimiento, provocan velocidades operativas seguras más altas, menos costos operativos por parte de los usuarios de la vía (Ramírez Contreras, 2010).

1.2 Justificación de la remodelación a la vía

Dado que los proyectos viales presentan beneficios crecientes en el tiempo debido al crecimiento del flujo vehicular, el Valor Actual Neto Social (VANS) debe ser positivo en algún momento. Esto significa que eventualmente se requiere rehabilitarlas y/o ampliar las carreteras, por lo que la pregunta relevante consiste en determinar el momento oportuno para ejecutar los proyectos (CEPEP, 1996).

El término “estándar de proyecto” se refiere a aquellas decisiones estratégicas relacionadas con el nivel geométrico de calidad al cual, se construye una carretera. Dichas decisiones se realizan frecuentemente en la fase de planeación, y se ven afectadas primordialmente por consideraciones sobre capacidad vial y eficiencia económica, pero la seguridad vial debe también tomarse en cuenta. A medida que el tráfico vehicular aumenta, resulta necesario o económico diseñar y construir carreteras con estándares geométricos más elevados. En general, a medida en que el estándar geométrico sea mayor, la carretera será más segura (Mayoral Grajeda, 2002).

El Manual de diseño geométrico de carreteras colombiano TERRITORIO (2008) plantea que las exigencias del tránsito en lo referente a la seguridad y a la velocidad de operación obligan al mejoramiento continuo de los criterios de diseño y, por consiguiente, a su aplicación en el mejoramiento de las carreteras existentes. Entre las situaciones que justifican el mejoramiento de una carretera se encuentra la siguiente:

- El incremento en el volumen de tránsito. Un caso frecuente es la ampliación de la vía a dos calzadas con separador central y la adecuación de la vía existente como una de las calzadas unidireccionales.

1.2.1 Período de diseño

Es el tiempo para el cual se estima que un sistema va a funcionar satisfactoriamente, el establecimiento del período de diseño o año horizonte del proyecto se puede establecer para cada par de componentes del proyecto y depende de los siguientes factores:

- La vida útil de las estructuras o equipamientos teniéndose en cuenta su obsolescencia o desgaste.
- La facilidad o dificultad de la ampliación de las obras existentes.
- Las tendencias de crecimiento de la población futura con mayor énfasis, el del posible desarrollo de sus necesidades comerciales e industriales
- El comportamiento de las obras durante los primeros años o sea, cuando los caudales iniciales son inferiores a los caudales de diseño.

El período de diseño es por definición el tiempo que transcurre desde la iniciación del servicio del sistema, hasta que por falta de capacidad o desuso, sobrepasan las condiciones establecidas en el proyecto (2011).

Es difícil definir la vida de una carretera porque los segmentos principales pueden tener diferentes longitudes y vida física. Cada segmento está sujeto a variaciones en la estimada expectativa de vida debido a influencias no fácilmente sujetas al análisis, tal como la obsolescencia, inesperados cambios radicales en el uso de la tierra, y resultantes cambios en los volúmenes de tránsito, esquema y cargas. Muchos ingenieros de carreteras creen que el período de diseño máximo se encuentra entre 15 y 24 años, por lo que un período de diseño de 20 años es ampliamente empleado. El tráfico normalmente no puede ser previsto con precisión alguna más allá de este período en una carretera específica debido a los cambios probables en la economía regional general, población, y desarrollo de las zonas aledañas a lo largo de la carretera, el cual no puede predecirse con ningún grado de convicción ((AASHTO), 2001).

Se define entonces, como el tiempo elegido al iniciar el diseño, para el cual se determinan las características del pavimento, evaluando su comportamiento para distintas alternativas a largo plazo, con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el período de diseño elegido, a un costo razonable. Generalmente el período de diseño será mayor al de

la vida útil del pavimento, porque incluye en el análisis al menos una rehabilitación o recrecimiento, por lo tanto éste será superior a 20 años (Cunalata Lasluisa, 2015).

1.2.2. Tiempo de recorrido

La determinación de velocidades y de tiempos de recorrido resulta imprescindible en los estudios de planeamiento de una red viaria, así como para la evaluación de la calidad del servicio de la misma, que tiene en cuenta la demanda que soporta. Se denomina tiempo de recorrido al tiempo que invierte cada vehículo en desplazarse entre dos puntos fijos.

Ya se trate de una carretera nueva o de una modernización, el tiempo de recorrido afecta los costos y los beneficios de los usuarios de la carretera por lo que este concepto debe ser prioritariamente considerado. Aunque el costo del tiempo depende del tipo de vehículo, el motivo del viaje, el nivel de salario como conductor y como pasajero, el número de ocupantes, etc., hay que considerar que tal costo puede variar también de acuerdo con la región económica del país, y de uno a otro país, según su grado de desarrollo. Usualmente el tiempo de recorrido se mide en horas, minutos y segundos, mientras que el valor del tiempo se mide en pesos por hora. El tiempo de recorrido tiene gran relevancia en el estudio de rutas para autopistas ya que conforme a estadísticas se verifica la desviación del tránsito total a la nueva carretera (Técnicos, 2016).

A mayor distancia mayor es el tiempo de recorrido de un nodo a otro, pero si existe una distancia mínima el tiempo de recorrido debería ser mínimo y es aquí donde varía el valor de los lugares en función de su situación geográfica (Loyola Gómez, 2009).

1.2.3 Nivel de servicio

El concepto de nivel de servicio fue dado a conocer en el Highway Capacity Manual del año 1965, como una conveniente forma de describir la calidad general de las operaciones en una carretera con condiciones del tráfico, la vía y los dispositivos de control definidas (Transportation Research Board, 2010).

Es definido el concepto de nivel de servicio por Board (2010) como una medida de calidad que describe las condiciones de funcionamiento dentro de un flujo de tránsito, en

general, en términos de medidas de servicios tales como la velocidad y el tiempo de viaje, la libertad de maniobra, las interrupciones de tráfico, el confort y la comodidad.

Para el Manual de diseño de carreteras de Perú Scipion Piñella (1999) es la medida cualitativa descriptiva de las condiciones de circulación de una corriente de tráfico; generalmente se describe en función de ciertos factores como la velocidad, el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones de tráfico, la comodidad y conveniencia, y la seguridad.

El flujo vehicular de servicio para diseño es el máximo volumen horario de tránsito que una carretera puede acomodar, sin que el grado de congestión alcance los niveles preseleccionados por el diseñador, tras conciliar los intereses de los conductores, dispuestos quizá a tolerar un mínimo de congestión; los estándares de diseño vigentes, que predeterminarán algunos requerimientos básicos según la clasificación funcional de la vía; y los recursos disponibles para atender estas necesidades. Conviene aclarar que hablar de congestión en una carretera no es hablar de paralización de todo el movimiento. El congestión se inicia con la creciente interferencia o fricción entre los vehículos en la corriente del tránsito, que empieza a perder su calidad de flujo libre (Centroamericana, 2004b).

Las condiciones generales de operación para los niveles de servicio, según (AASHTO) (2001) se describen sumariamente de la siguiente manera:

Tabla 1.1 Niveles de servicio

Nivel de Servicio	Descripción
A	Flujo libre de vehículos, bajos volúmenes de tránsito y relativamente altas velocidades de operación.
B	Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito.
C	Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad.
D	Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar.
E	Flujo inestable, suceden pequeños embotellamientos.
F	Flujo forzado, condiciones de “pare y siga”, congestión de tránsito.

Fuente: (Técnicos, 2016)

De este concepto se deriva el de volumen de servicio, el cual dicha normativa establece en correspondencia con cada nivel de servicio, definiéndolo como el número máximo de vehículos que pueden pasar por una sección de vía por hora, en un sentido para carreteras de carriles múltiples, o en los dos sentidos para carreteras de dos o tres carriles, y tiene en cuenta las condiciones prevalecientes del tránsito y la vía, mientras las condiciones límites de operación fijadas para el nivel de servicio seleccionado se mantengan (Santos Pérez, 2016).

1.2.4 Corrientes vehiculares

Se define como el conjunto de vehículos que circulan por una calzada en una dirección y en el mismo sentido Cal y Mayor Reyes Spíndola (2010). Por lo general se generan corrientes de una o varias filas, las cuales poseen características diferentes, fundamentalmente debido a la restricción de velocidad por los vehículos que transitan al frente de la fila, y la posibilidad de efectuar maniobras de adelantamiento.

Por la calzada de un carril solamente pueden circular corrientes vehiculares de una fila, y la velocidad de los vehículos de delante limita a la de los que vienen detrás. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2010). Sin embargo, esta situación cambia en caso de existir más de un carril destinado a una misma corriente vehicular, la cual puede descomponerse en filas y dar oportunidad a vehículos que van con mayor rapidez de adelantar fácilmente a los más lentos, y cambian de una fila a otra dentro de la misma corriente vehicular.

La mayoría de las corrientes de tránsito registran en su comportamiento variaciones de velocidades que se ubican dentro de una distribución estadística normal, esto es, que la mayoría de los valores ocurren dentro de un rango central, con muy pocos valores ubicados en los rangos extremos de arriba y de abajo de la distribución. El diseño, en todo caso, busca satisfacer razonablemente los requerimientos de los usuarios en lo relativo a velocidades, bajo condiciones de seguridad y economía en las operaciones, sin dejarse llevar por incómodos extremos, como sucedería si se pretendiera atender al reducido número de usuarios que reclaman mayores velocidades de lo que se juzga razonable (Centroamericana, 2004b).

1.3- El desarrollo de las ciudades y sus redes viales

La coordinación del planeamiento de uso de suelo y la inversión en vialidad y sistemas de transporte son fundamentales al momento de visualizar el desarrollo de la ciudad.

Para Rolón (2002) la red vial o cualquiera de sus partes no debe diseñarse de forma aislada, sino integrada en una concepción de conjunto con el espacio urbano y el resto de los elementos que lo componen (edificios, espacios libres, etc), en función de las distintas actividades que en ellos se realizan. En particular, debe asegurarse la congruencia entre:

- La estructura y jerarquía de los elementos viales y la localización de las actividades generadoras de tránsito rodado y peatonal (equipamientos, comercio, centros de empleo, etc).
- La morfología de la red, con los espacios privados que define, y las tipologías edificatorias previstas.
- Los ambientes de las distintas áreas de actividad y el tipo y características de los elementos viales que las atraviesan.
- El resultado formal de la vialidad y el de su entorno.

Todo país tiene necesidad de una red vial para la movilidad urbana, debido a que el desarrollo de una ciudad está directamente relacionado con su infraestructura vial. Los países en desarrollo se caracterizan por que su infraestructura vial es frágil y desequilibrada, por consiguiente, se debe priorizar el desarrollo de la infraestructura vial (Miramontes García, 2015).

La conformación típica de una red vial es contar con un reducido porcentaje de dicha red diseñada para atender flujos considerables de movimiento vehicular, que operen complementariamente con una porción significativa de la longitud total de la red sometida a demandas del tránsito de menor cuantía. En el marco de ese desbalance, resalta el hecho de que la operatividad funcional de la red vial depende, en términos del total de vehículos-kilómetros que atiende, más del buen funcionamiento de las vías primarias y expresas que de las vías terciarias y locales.

La gestión de infraestructura vial tiene dos objetivos fundamentales: asegurar que esta se mantenga en buena condición y funcionamiento de forma continua; y optimizar el uso

de los recursos públicos invertidos en su desarrollo y conservación, lo que no necesariamente significa gastar lo mínimo posible (Campos Cruz, 2010).

1.3.1 Evolución de los centros urbanos

La ciudad puede ser identificada como un marco espacial de las sociedades, economías y culturas urbanas, así como también de la transformación del espacio. La ciudad cambia y es necesario observarla como la colección de distintos sistemas que interactúan entre sí. Cualquier ciudadano en cualquier ciudad del mundo desea pasar menos horas en el tráfico y quisiera tener más oportunidades de disfrutar la ciudad y las áreas verdes. Básicamente de esto se trata el crecimiento urbano inteligente: de tener la capacidad de crear ciudades que nos enorgullezca de heredar a futuras generaciones, ciudades saludables, con viviendas accesibles, cercanas al trabajo y a servicios. El planeamiento convencional produce una separación de los usos que fuerzan al ciudadano a conducir para ir al trabajo, servicio y equipamientos, lo que crea congestión vehicular y se utiliza un diseño urbano hostil para los peatones con veredas angostas, áreas residuales y poco seguras (Jans B, 2005).

Las industrias y una parte de las residencias se han desplazado hacia la periferia en busca de espacio y huyen de la congestión de las áreas centrales; proceso ligado a la dinámica de crecimiento de cada ciudad, así como a la disponibilidad y características de los medios de transporte. Para que la expansión de las ciudades y la llegada de nuevos habitantes sea posible, no solo se deben dar las condiciones económicas, sino que también debe haber una intención desde los administradores territoriales que favorezca la llegada de nuevos capitales inmobiliarios. De esta forma, los organismos públicos crean las condiciones para facilitar la oferta de viviendas y de una serie de servicios, de manera de fomentar el desarrollo de la ciudad, potenciando el turismo y la llegada de nuevos habitantes (Zaviezo Arriagada, 2015).

Dentro de los planes de ordenamiento, el planeamiento vial es un elemento significativo para el correcto funcionamiento de la ciudad. Para lograr el control del uso de los suelos, las entidades encargadas de esta función utilizan los planes de ordenamiento como elemento rector de la actividad administrativa de las ciudades, los cuales tiene como

función regular inversiones del sector estatal, privado y del cooperativismo con un carácter sistémico.

Las transformaciones urbanas están estrechamente relacionadas con los sistemas de movilidad y con las formas de producción del espacio. Para entender el predominio de los precarios sistemas privados de transporte urbano en los desplazamientos cotidianos de la mayor parte de la población en las ciudades latinoamericanas, se deben considerar los mecanismos de crecimiento urbano, junto con el hecho de los autobuses viejos, se han adaptado muy bien a las condiciones sociales y económicas, pero también políticas y espaciales de la mayoría de la población (Balbao, 2003).

La infraestructura de movilidad no sólo tiene incidencia en el desarrollo, sino también en la competitividad empresarial, regional o territorial, por lo que una mejora o incremento en su disponibilidad podría llegar a traducirse en reducción de costos de transporte, facilidad en el acceso y la conectividad desde y hacia el territorio, incremento del transporte de carga y personas, mayor inversión, expansión de mercados, incremento de los flujos económicos, ampliación en la demanda de mano de obra, entre otros (UPCommons).

1.4 Solución Conceptual, la interfase de la documentación técnica del proyecto.

De acuerdo a lo estipulado en el Reglamento del Proceso Inversionista Consejo de Ministros (2015) los proyectos definen técnica y económicamente la inversión y la dividen según las características y complejidad de su totalidad o de sus partes, en etapas con diferente alcance y contenido, las cuales son:

- a) Ideas Preliminares.
- b) Soluciones Conceptuales o Proyecto Técnico para todas las inversiones de construcción y montaje, que deben considerar la especialidad de arquitectura conciliada con las soluciones tecnológicas de todas las ingenierías y por los cuales se elaboran los estudios de pre-factibilidad.
- c) Ingeniería Básica o Proyecto de Ingeniería Básica.
- d) Proyecto Ejecutivo o Ingeniería de Detalle.

Las soluciones conceptuales o proyecto técnico constituyen la primera etapa del proyecto. Su desarrollo parte de la tarea de proyección y otras informaciones iniciales entregadas por el inversionista, y se elaboran en coordinación o consulta con este y otros sujetos del proceso inversionista. Constituye la primera respuesta a la solicitud del inversionista para las alternativas de la inversión. Dentro de esta etapa se incluyen el desarrollo del planeamiento, zonificación, funcionalidad, tecnología, energía y completamiento de la programación técnica de necesidades, de acuerdo con el alcance de la solicitud y la información entregada por el inversionista, además de que permite la evaluación técnica preliminar de las soluciones fundamentales de la inversión. Constituye un primer nivel de aproximación y de precisión del presupuesto estimado en la tarea de proyección. Esta documentación sirve de base al inversionista para los estudios de prefactibilidad y establece las ideas rectoras de la configuración que posteriormente es desarrollada por los proyectistas.

En los niveles de calidad del diseño geométrico de una carretera planteados por TERRITORIO (2008) aplicables a la Fase Pre – Factibilidad está caracterizado por los siguientes parámetros:

- Existe una descripción clara y sencilla de la metodología empleada en el estudio de cada uno de los aspectos del diseño geométrico.
- Los cálculos relacionados con el estudio de los diferentes aspectos del diseño geométrico son consistentes y claramente entendibles.
- El informe del diseño geométrico es ordenado, comprensible y completo.
- Las soluciones escogidas en relación con cada uno de los aspectos del diseño geométrico están de acuerdo con la práctica común.

Conclusiones Parciales

1. Las remodelaciones de las carreteras conllevan a mejoras de las características geométricas de la vía y de los atributos como la accesibilidad y movilidad en la ciudad.
2. Las corrientes vehiculares que circulan en las ciudades agudizan las condiciones de circulación en las carreteras debido a las características geométricas de las vías, condiciones topográficas y al sistema vial de las ciudades.
3. La revisión de la documentación técnica permitió afirmar el planeamiento vial dentro del ordenamiento de las ciudades constituye un elemento fundamental para definir las futuras zonas de desarrollo y planifica los límites urbanos de las ciudades.

CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente capítulo se analiza el sistema vial de la ciudad de Matanzas y mediante un procedimiento matemático en el que se utilizan los datos de partida relativos a los flujos de tráfico, se calculan parámetros característicos del diseño geométrico de carreteras, para lo cual se considera que el tramo de vía presenta secciones de carácter urbano y semiurbano.

2.1- Análisis del sistema vial de la ciudad de Matanzas y su entorno.

El Plan General de Ordenamiento Urbano es el instrumento rector de ordenamiento físico espacial de la ciudad. Está conformado por un grupo de disposiciones, que regulan la transformación del territorio, y de acciones para su realización efectiva. Este plan contiene una serie de medidas que rigen el uso de los suelos para el logro de la adecuada localización de las actividades económicas y sociales. Tiene como función conformar la estructura físico-espacial del territorio de manera que mejore su integración, funcionamiento y accesibilidad en correspondencia con el desarrollo socioeconómico y ambiental de la ciudad.

En el planeamiento vial de la ciudad de Matanzas influyen principalmente dos aspectos su topografía accidentada y su economía que se basa en las industrias, los servicios, el turismo y la industria portuaria., por lo que es necesario intervenciones para lograr mejorar la red vial actual, con el objetivo de explotarla a su capacidad máxima y comenzar inversiones mayores en el ordenamiento de la vialidad de la ciudad para que esté en correspondencia con el desarrollo previsto, donde se incluye el progreso turístico de Varadero y otros polos como Bacunayagua.

El alto volumen de tráfico, las deficiencias de diseño, la congestión en la vía y la interacción entre vehículos ligeros y pesados son los motivos que justifican la necesidad de remodelar la Carretera Central. El factor de crecimiento poblacional en el poblado de Reparto "2 de Diciembre", debido al aumento del número de viviendas en construcción, genera la necesidad de movilidad de los ciudadanos y por lo tanto que se incremente el transporte público. Este tramo de vía brinda acceso a almacenes, empresas, hospitales, el

Estado Mayor de la región occidental, principal entrada a la ciudad y rutas de excursión para el turismo.

2.2- Estudios de campo

Con el objetivo de realizar un estudio de velocidades en el tramo de vía objeto de estudio será necesario la elaboración de una plantilla (ver anexo # 1 y 2) en la cual se establecen rangos de velocidades de 5 km/h y su conversión en millas por hora, ya que es la unidad de medida de la pistola láser, equipo que se utilizará para determinar la velocidad de los vehículos, además la plantilla se dividirá en 11 tipo de vehículos para mejor organización y comprensión del trabajo. Se determinará previamente el tamaño mínimo de la muestra mediante la siguiente fórmula (Ecuación 2.1), establecido por (Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2010).

$$n = \left(\frac{K * S}{e} \right)^2 \quad (2.1)$$

n: tamaño mínimo de la muestra.

K: coeficiente correspondiente al nivel de confiabilidad de 95%.

S: desviación estándar.

e: error permitido en la estimación de la velocidad media de todo el tránsito.

El horario que se seleccione por el equipo de trabajo debe contemplar las horas pico, donde se observe un aumento del flujo vehicular, por lo tanto, se realizará de 8:00 – 8:30 am. Se tomarán las velocidades a los vehículos en ambos sentidos, en la dirección Limonar- Matanzas y Matanzas- Limonar. Posteriormente se debe realizar las mediciones correspondientes al ancho de calzada, faja de servidumbre, distancias del pavimento a los obstáculos, ya que durante la remodelación pueden ser modificados algunos de los elementos pertenecientes al vial.

2.2.1 Velocidad de operación

Para determinar la velocidad de operación de la vía es necesario referirse a la velocidad de punto que no es más que la velocidad de un vehículo al pasar por un determinado punto de la carretera. La media aritmética de las velocidades de punto de los vehículos

que pasan por un determinado punto de una carretera durante un intervalo de tiempo seleccionado se nombra velocidad media temporal, la cual se calcula mediante la siguiente fórmula (Ecuación 2.2) propuesta por Cal y Mayor Reyes Spíndola (2010) empleada en el caso de datos de velocidades de punto agrupados:

$$\bar{vt} = \frac{\sum_{i=1}^m (fi * vi)}{n} \quad (2.2)$$

\bar{vt} : velocidad media temporal

m: número de grupos de velocidad

fi: número de vehículos en el grupo de velocidad i

vi: velocidad de punto del grupo i

$$n = \sum_{i=1}^m fi$$

2.3- Previsión de la demanda actual de tráfico.

Al proyectar una vía, se tiene que tener en cuenta fundamentalmente el volumen de tránsito o demanda que circulará durante un intervalo de tiempo dado, de su variación, de la tasa de crecimiento y de su composición.

Los estudios sobre volúmenes de tránsito son elaborados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. Estos datos son expresados con respecto al tiempo, y con ellos se hace posible el desarrollo de estimaciones razonables de la calidad del servicio prestado a los usuarios.

Debido a que la Carretera Central, objeto de la investigación es una vía la cual ya no satisface la demanda de tránsito que circula actualmente, se hace preciso realizar un estudio técnico para conocer los datos reales necesarios para su remodelación.

Mediante el empleo del método clásico de la Ingeniería de Tránsito se determinó el volumen de tránsito actual a través de la fórmula del interés compuesto (Ecuación 2.3), debido a que es poco frecuente que se realicen aforos vehiculares.

$$PAVDT_0 = PAVDT_n (1 + \gamma)^{n-1} \quad (2.3)$$

Donde:

- $PAVDT_0$: Promedio Anual del Volumen Diario de Tránsito para el presente.
- $PAVDT_n$: Promedio Anual del Volumen Diario de Tránsito para el año futuro "n".
- γ : Razón de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB).
- n : Cantidad de años desde la referencia hasta el año de análisis.

Se utiliza esta ecuación primeramente para llevar el volumen de tráfico del año del aforo vehicular realizado hasta el año en que se desarrolla el estudio, y luego para pronosticar el volumen al futuro. Posteriormente estos resultados se multiplican por los coeficientes de expansión para llevarlos de 12 horas a 24 horas y de mes a año. Como la razón de crecimiento de cada año puede variar, es prudente que se divida el cálculo en períodos anuales con el objetivo obtener valores exactos y más cercanos a la realidad.

2.3.1- Tránsito futuro. Factor de proyección del tránsito

El crecimiento normal del tránsito se debe al aumento del volumen vehicular debido al incremento general en número y uso de los vehículos automotor, y también a las no inversiones o mejoramientos en las vías.

A partir de la experiencia de Martínez Gómez (2000a) mediante datos obtenidos de las tendencias de crecimiento del tránsito de vías existentes y del conocimiento del desarrollo socioeconómico de la zona donde está situada la vía, es necesario fijar tasas de crecimientos anuales con el objetivo de determinar los incrementos del tránsito, y utilizar el llamado factor de proyección del tránsito, que enuncia la correspondencia existente entre el tránsito futuro y el actual.

Se asumirá como valor del factor de proyección del tránsito el mismo según lo sugerido Martínez Gómez (2000a), (ver Anexo 1), se supone el año 2020 como año de comienzo de la explotación de la carretera. Este factor de proyección se inserta en la fórmula del interés compuesto, sustituyendo el valor del PIB (Ecuación 2.3). De acuerdo a lo expresado en el epígrafe 1.2.1 se utilizó para denominar la categoría de la vía un período de diseño de 20 años.

2.4. Procedimiento para determinar la capacidad vial, volumen y nivel de servicio.

El procedimiento para determinar la capacidad vial, volumen y nivel de servicio basado en la metodología que ofrece la AASHTO en 1965 que actualmente se aplica en el territorio nacional a través de la NC 53-118/1984 (Normalización, 1984). Para determinar el nivel de servicio en que se encuentra la vía es necesario conocer la capacidad de la vía actualmente, para vía de dos carriles (Ecuación 2.4), y para vía de cuatro carriles (Ecuación 2.5)

$$C = 2000 * W_c * T_c * B_c \quad (2.4)$$

$$C = 2000 * N * W_c * T_c * B_c \quad (2.5)$$

C: Capacidad

W_c : factor de corrección que toma en cuenta la anchura del carril y distancia a obstáculos laterales (Ver tabla 2 Anexo # 4)

T_c : factor de corrección que toma en cuenta el por ciento de camiones en la corriente de vehículos, obtenido por medio de:

$$T_c = \frac{100}{(100 - P_t + E_t * P_t)} \quad (2.6)$$

P_t : por ciento de camiones

Et: carros equivalentes de pasajeros para camiones, según se analice la vía en toda su longitud o en una pequeña sección de ella. (Ver tabla 3 Anexo #5)

Bc: factor de corrección que toma en cuenta el porcentaje de ómnibus en la corriente de vehículos, obtenido por medio de:

$$Bc = \frac{100}{(100 - Pb + Eb * Pb)} \quad (2.7)$$

Pb: por ciento de ómnibus

Eb: carros equivalentes de pasajeros para ómnibus según se analice la vía en toda su longitud o en una pequeña sección de ella (Ver tabla 3 Anexo #5)

Se procede a calcular la relación volumen-capacidad real, y se divide el resultado del volumen base entre la capacidad real actual de la vía. Posteriormente se procede a determinar el volumen de servicio (Ecuación 2.8) para vías de dos carriles, y para vías de múltiples carriles (Ecuación 2.9)

$$VS = 2000 * \frac{V}{C} * Wc * Tc * Bc \quad (2.8)$$

$$VS = MVS * W1 * T1 * B1 \quad (2.9)$$

- VS: Volumen de servicio que se brinda en total para ambos sentidos ´.
- MVS: Máximo Volumen de Servicio, véase anexo# 9.

Después de obtenido el valor de la capacidad real, se aplicará un proceso de ingeniería inversa para obtener el valor de Promedio Anual de Volumen Diario de Tránsito (PAVDT) que acogería la vía.

$$VS = Q$$

$$Q = PAVDT * K * D$$

$$PAVDT = \frac{Q}{K * D} \quad (2.10)$$

2.5- Categorización técnica de la vía.

Para denominar la categoría técnica de la vía, se necesita conocer la intensidad de tránsito (PAVDT) que es el Promedio Anual de Volúmenes Diarios de Tránsito esperado para el año de diseño de la carretera. Depende además del tipo de terreno y el destino funcional.

Tabla 2.1 Categorías técnicas de las carreteras

Categoría Técnica	Intensidad de tránsito (PAVDT) Vehículos/día
1 Vías expresas rurales	Mayor que 8000
2 I	Mayor que 4000 a 8000
3 II	Mayor que 2000 a 4000
4 III	De 750 a 2000
5 IV	Menor que 750
NOTA: Para las Vías expresas Rurales (Ver NC 754)	

Fuente: (Oficina Nacional de Normalización, 2012)

2.6- Requisitos de diseño.

De acuerdo a lo planteado por la autora en el epígrafe 1.1.1.2 y en correspondencia con lo establecido en la NC 754: 2010, los requisitos mínimos para el diseño geométrico de las vías expresas rurales son los siguientes:

- Tipo de terreno
- Velocidad de diseño
- Sección transversal típica
- Trazado en planta
- Trazado de perfil

2.6.1 Tipo de terreno.

Los terrenos se clasifican en:

Llano: Cuando media una longitud de 500 m a lo largo del eje de la vía y dentro de la faja de emplazamiento. La diferencia de nivel entre el punto más alto y el más bajo es menor que 20 m.

Ondulado: Cuando la diferencia de nivel entre dichos puntos está entre 20 m y 35 m.

Montañoso: Cuando la diferencia de nivel entre dichos puntos es mayor que 35 m.

2.6.2 Velocidad de diseño.

La velocidad de diseño que se empleará para proyectar depende fundamentalmente del tipo de terreno en que se sitúa el vial. (Tabla 2.2 a y b).

Tabla 2.2 a. Velocidades de diseño NC 754: 2010.

Tipo de terreno	Velocidad de diseño (km/h)
Llano	140
Ondulado	120
Montañoso	100
<p>NOTA: En casos excepcionales y con previa justificación técnico - económica la velocidad de diseño en terrenos montañosos se podrá reducir de 100 km/h a 80km/h.</p>	

Fuente: (Oficina Nacional de Normalización, 2010).

Tabla 2.2 b. Velocidades de diseño NC 853: 2012.

Categoría técnica de la carretera	Velocidad de diseño (km/h)		
	Tipo de terreno		
	LL	O	M
I	100	80	60
II	80	60	50
III	60	50	40
IV	50	40	30
<p>NOTA: Estas definiciones se utilizan para generalizar el tipo de terreno en un tramo del trazado, dándole la clasificación del tipo predominante. Este tramo de trazado debe ser como mínimo de 3,0 km.</p>			

Fuente: (Oficina Nacional de Normalización, 2012)

2.6.3 Sección transversal típica.

La sección transversal típica de una carretera constituye uno de los requisitos mínimos de proyecto a establecer para el diseño geométrico de las vías expresas rurales, según la (Oficina Nacional de Normalización, 2010), los cuales son:

- ancho de los carriles
- bombeo del pavimento
- ancho de los paseos
- pendiente de los paseos
- ancho del separador central o mediana
- taludes

2.6.3.1. Ancho de carriles.

Para la Oficina Nacional de Normalización (2010) el ancho de los carriles depende del tipo de terreno y de la velocidad de diseño. (Tabla 2.3 a y b).

Tabla 2.3a. Ancho de los carriles NC 754: 2010.

Tipo de terreno	Velocidad de diseño (km/h)	Anchura del carril (m)
Llano	140	3,75
Ondulado	120	3,75
Montañoso	100	3,50

NOTA 1: El número mínimo de carriles por cada sentido de circulación es dos.
NOTA 2: Cuando hay que estudiar la posibilidad del carril de marcha lenta para vehículos pesados, la anchura de este carril es 3,50 m.
NOTA 3: En vías expresas rurales con más de dos carriles por cada sentido de circulación no será necesario concebir el carril de marcha lenta; en casos excepcionales este carril se concebirá previa justificación técnico-económica.
NOTA 4: Para velocidades de diseño menores que 100 km/h la anchura del carril será 3,50 m

Fuente: (Oficina Nacional de Normalización, 2010).

Tabla 2.3 b. Ancho de los carriles NC 853: 2012.

Categoría	Vehid	I						II						III						IV					
		mayor que 4 000 a 8 000			mayor que 2 000 a 4 000			De 750 a 2000			menor que 750														
PAVDT		LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M									
Tipo de terreno		100	80	60	60	80	50	60	50	40	50	40	50	30	40	30									
Velocidad de diseño	km/h	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15	15									
1																									
Ancho de carril	m	3,75	3,50	3,50	3,50	3,25	3,25	3,25	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00									
Ancho de calzada	m	7,50	7,00	7,00	7,00	6,50	6,50	6,50	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00									
Ancho de paseos	m	3,00	2,50	2,00	2,00	2,50	2,00	1,50	1,50	1,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00									
Corona	m	13,50	12,00	11,00	11,00	11,50	10,50	9,50	9,00	9,00	8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00									
Curvatura máxima horizontal	s = 10%	0	3'20"	5'30"	10'30"	5'30"	10'30"	-	10'30"	-	-	-	-	-	-	-									
	s = 6%	0	-	-	-	-	-	81,85	-	81,85	46,77	81,85	46,77	81,85	46,77	22,92									
Radio mínimo horizontal	s = 10%	m	208,35	109,14	109,14	208,35	109,14	-	109,14	-	-	-	-	-	-	-									
	s = 6%	m	-	-	-	-	-	81,85	-	81,85	46,77	81,85	46,77	81,85	46,77	22,92									
Inclinación de la rasante	%	3	5	8	8	4	6	9	5	7	10(12)	6	8	12(14)	10	10									
Kv mínimo deseable de curvas verticales	Cima	100	50	20	20	50	20	15	20	15	10	15	10	10	10	10									
	Depresión	50	35	20	20	35	20	15	20	15	10	15	10	10	10	10									
Distancia de visibilidad de parada en horizontal (Dp)	m	210	140	95	95	140	95	60	95	60	45	60	45	60	45	30									
Distancia de visibilidad de adelantamiento en horizontal (Da)	m	700	560	420	420	560	420	350	420	350	280	350	280	350	280	210									
Gálibo vertical	m	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50									

Fuente: (Oficina Nacional de Normalización, 2012)

Según la NC 853: 2012, la cual ofrece la tabla anterior donde aparece el ancho de los carriles que depende de la categoría técnica de la vía, además los valores de todos los elementos geométricos de la sección transversal y del trazado. Los valores según la NC 754: 2010 se muestran a continuación.

2.6.3.2. Bombeo del pavimento.

El bombeo de la sección transversal típica de la carretera según Oficina Nacional de Normalización (2010) será a dos aguas y se asume como puntos de referencia los bordes exteriores de cada sentido de circulación. Los valores de pendientes transversales se establecen. (Tabla 2.4).

Tabla 2.4. Bombeo de la sección transversal NC 754: 2010.

Tipo de pavimento	Pendiente transversal (%)	
	Valor permisible	Valor recomendado
Hormigón hidráulico	1,5 a 2,5	1,5
Hormigón bituminoso	1,5 a 2,5	2,5

Fuente: (Oficina Nacional de Normalización, 2010).

2.6.3.3. Paseos y bermas.

A partir de la Oficina Nacional de Normalización (2010) los paseos estarán totalmente pavimentados y a continuación de los mismos se concebirá la berma cuyo ancho será de 0,50 m. La anchura de los paseos se puede observar en la tabla 2.5.

La pendiente de los paseos será del 4 % y serán pavimentados y la de las bermas del 8%, estas también estarán pavimentadas y si las cunetas son de tierra las bermas lo serán igual.

Tabla 2.5. Ancho de paseos y bermas NC 754: 2010.

Tipo de relleno		Llano	Ondulado	Montañoso	
Faja de emplazamiento (m)		60	60	60	60
Velocidad de diseño(km/h)		140	120	100	80
Máximo volumen de servicio para 2 carriles en una dirección (vehículos ligeros por hora)		2000	2000	1600	1400
Ídem por carril adicional		1500	1500	800	700
Ancho de carril (m)		3,75	3,75	3,50	3,50
Ancho de paseo (m)	izquierda				
	derecha	3,00	3,00	3,00	3,00
Ancho del separador (m)		5,00	5,00	3,00	3,00
Ancho de bermas laterales al paseo (m)		0,50	0,50	0,50	0,50
Distancia segura de frenado (m)		345	295	210	140
Distancia de anticipación (m)		1000	800	600	400
Rampa máxima (%)		3	4	5	6
Pendiente máxima (%)		5	6	6	6
K mínima de curvas verticales	Cima	280	210	105	50
	Depresión	90	80	55	35
Radio mínimo (m)	Absoluto	1000	1000	665	425
	Normal	1400	665	425	240
Superelevación máxima (m)	Excepcional	7	7	7	7
	Normal	5	5	5	5

Fuente: (Oficina Nacional de Normalización, 2010).

2.6.3.4. Ancho del separador central o mediana.

Los valores del ancho del separador central se pueden observar en la siguiente tabla. (Tabla 2.6).

Tabla 2.6. Ancho del separador central NC 754: 2010

Tipo de terreno	Ancho mínimo (m)
Llano	5,0
Ondulado	5,0
Montañoso	3,0
<p>NOTA: Si se prevé una ampliación futura en lo referente a la cantidad de carriles, se recomienda aumentar la anchura del separador central o la mediana en la medida que sea necesaria, con vistas a la construcción de los nuevos carriles en su interior</p>	

Fuente: (Oficina Nacional de Normalización, 2010).

2.6.3.5 Taludes

- **En los cortes**

Los taludes dependen del tipo de material existente; por lo que adoptará el recomendado una vez terminado el estudio geotécnico. El máximo permisible para roca es de 0,25:1.

Tabla 2.7. Talud de tierra horizontal a vertical

Talud de tierra de horizontal a vertical			
Altura del corte (m)	Tipo de terreno		
	Llano	Ondulado	Montañoso
0 a 1,20	4:1	4:1	4:1
Mayor que 1,20 hasta 3,0	4:1	3:1	2:1
Mayor que 3,0 hasta 4,5	3:1	2,5:1	1,75:1*
Mayor que 4,5 hasta 6,0	2:1	2:1	1,5:1*
Mayor que 6,0	2:1	1,5:1*	1,5:1*
<p>NOTA: * En arcilla o en cieno sujetos a erosión los taludes más inclinados que 2: 1 serán evitados.</p>			

Fuente: (Oficina Nacional de Normalización, 2010)

- **En los terraplenes**

La altura de los terraplenes será el factor determinante en el tipo de talud, que depende este último también del material.

Si la altura de terraplén es igual o mayor que 3,0 m el talud a utilizar será 2:1.

Si la altura de terraplén es menor que 3,0 m, se utilizará un talud, con inclinación 4:1; cuando la altura del terraplén sea mayor que 5,0 m se proyectarán bermas con bombeo hacia el talud, con vistas a que se asegure la estabilidad del mismo.

2.6.4 Trazado en planta

Para la proyección del trazado en planta, constituido por una sucesión de alineaciones rectas y curvas unidas entre sí por curvas de transición, se concibió de una forma suave y armoniosa de acuerdo con la topografía del terreno. Para evitar la monotonía y el deslumbramiento no se proyectarán tramos rectos mayores de 3 km. En caso de proyectarse tramos con diferentes velocidades de diseño en una misma zona, la diferencia no separará los 20 km/h; en caso de que por necesidad fuese mayor se diseñará un tramo de transición con una longitud no menor de 2 km.

Las alineaciones curvas forman parte de la concepción del trazado en planta, las cuales se presentan en dos tipos: las curvas circulares simples cuyos radios mínimos se pueden observar en la tabla 2.7, y las curvas circulares con espirales, que se proyectan para que no se produzcan discontinuidades en la geometría definida por el eje del trazado. Las curvas circulares se usaron cuando el valor del radio de las curvas resultó ser menor que los radios establecidos en la tabla 2.8

Tabla 2.8. *Radio mínimo de curvatura horizontal NC 754: 2010.*

Velocidad de diseño (km/h)	Radio mínimo para curva transicional obligatoria (RH) (m)
80	1300
100	2000
120	3000
140	4000

Fuente: (Oficina Nacional de Normalización, 2010)

Los radios mínimos de las curvas en planta serán los que se reflejan en la tabla 2.9

Tabla 2.9. Radios mínimos de las curvas en planta NC 754: 2010.

Radios mínimos de las curvas en planta (m)	Velocidad de diseño (km/h)			
	80	100	120	140
Radio mínimo absoluto (RHm)	240	425	665	1000
Radio mínimo normal (RHN)	425	665	1000	1400
Radio mínimo sin superelevación (RH)	2000	3000	4000	5000

NOTA 1: El radio mínimo absoluto es el valor límite para la velocidad de diseño seleccionada por lo que se utilizarán en casos excepcionales, o sea, cuando cualquier otra solución sea prácticamente imposible.

NOTA 2: El radio mínimo normal es el valor límite de radio o grado de curvatura para la velocidad de diseño seleccionada. Su uso no será sistemático, se recomienda adoptar con la topografía de la zona.

NOTA 3: El radio mínimo sin superelevación es el valor límite de radio o grado de curvatura para el que se mantienen las características de la sección transversal típica en recta.

Fuente: (Oficina Nacional de Normalización, 2010)

El cumplimiento de los criterios para la determinación de la alineación en planta, que forman parte de los elementos que se tuvo en cuenta para la concepción del trazado en planta, se presentan a continuación (Oficina Nacional de Normalización, 2010).

- La alineación será tan directa como sea posible, pero estará de acuerdo con la topografía.
- Se evitará dentro de lo posible, en aquellas alineaciones previstas para una velocidad de diseño dada, el uso de la máxima curvatura que corresponda a la misma.
- Las alineaciones siempre serán compatibles. No se introducirán curvas cerradas en los extremos de rectas largas. Se evitarán los cambios bruscos de tramos de curvas suaves a tramos de curvas cerradas. Cuando se haga necesario el uso de estas últimas se hará la aproximación a ellas por medio de curvas cada vez más cerradas.
- Cuando los ángulos de inflexión sean pequeños, se diseñarán curvas de gran radio (grado de curvatura pequeño) buscándose un mayor desarrollo de las mismas, hasta un valor de 10°.

- En terraplenes de gran longitud y elevados hay que evitar toda curvatura que no sea abierta (curvas suaves).
- Todas las curvas compuestas serán adaptadas con espirales intermedias. No se permite el empleo de curvas circulares solamente.
- Se evitarán los cambios bruscos en la alineación.
- Se evitarán las curvas de “lomo roto” y tramos intermedios de recta menores que 450 m, se tiene que proceder al igual que con las curvas compuestas (adaptar con espirales) cuando no se pueden evitar.
- Para evitar el efecto de distorsión, la alineación en planta será cuidadosamente coordinada con el perfil de la rasante.

2.6.5. Trazado en perfil.

Para la confección del perfil longitudinal se tuvieron en cuenta los valores máximos de rasante según la velocidad de diseño como se refleja en la tabla 2.9

Tabla 2.10. Valores de rasante mínima NC 754: 2010.

Calzadas	Tipo	Velocidad de diseño (km/h)			
		140	120	100	80
		Rasante mínima (%)			
Unidas	Rampas	3	4	5	6
	Pendientes				
Separadas	Rampas	5	6	6	6
	Pendientes				

Fuente: (Oficina Nacional de Normalización, 2010).

Las longitudes que se establecen en la Tabla 2.10 están calculadas como en tangente. Donde la condición incluye curvas verticales con rasante del mismo signo y la diferencia algebraica de las mismas no sea grande, se puede tomar la longitud de rasante como la distancia entre los puntos de intersección vertical (PVI). Cuando la condición incluye curvas verticales con rasante de signo contrario; en el caso que la distancia sea grande, se considera una cuarta parte de la curva como parte de la rasante.

Tabla 2.11. Longitud mínima NC 754: 2010.

Pendiente (8%)	Longitud máxima entre CT y TC de curva vertical (m)
3	500
4	360
5	260
6	200
Donde: CT: curva tangente TC: tangente curva	

Fuente: (Oficina Nacional de Normalización, 2010).

Conclusiones Parciales

1. A pesar de los bienes que trae consigo la remodelación de la Carretera Central para el desarrollo de la ciudad de Matanzas y para su sistema de vías, no se tiene en cuenta en el planeamiento vial de los (PGOTU) de la (DPPF).
2. El procedimiento de diseño depende de la categorización técnica de la carretera por lo que es necesario realizar los estudios de campos que permitan conocer las velocidades de operación de los vehículos en el tramo de vía que analiza la investigación y los estudios técnicos para determinar el Promedio Anual del Volumen Diario de Tránsito (PVDT).
3. Los requisitos de diseño de una carretera deben responder a un correcto trazado que cumpla con las características operacionales, y lograr la capacidad necesaria que satisfaga la demanda del tránsito espera.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A partir de los requerimientos que encierra la interfase de solución conceptual, en este capítulo se procederá a aplicar la metodología descrita en el capítulo anterior para el prediseño que se propondrá a partir de los parámetros geométricos de la sección transversal para la remodelación del vial, luego de obtener los valores de tráfico que circularán en el futuro de acuerdo al período de diseño seleccionado.

3.1. Análisis del estudio de campo. Determinación de la velocidad de operación.

Para proceder a determinar las velocidades de operación durante los estudios de campo es necesario determinar el tamaño mínimo de la muestra a estudiar a través de la ecuación 2.1 y se obtiene entonces:

$$n = \left(\frac{1,96 * 6}{2} \right)^2$$

$$n \approx 35 \text{vehículos}$$

En el campo resultaron evaluados en total 195 vehículos en los dos sentidos de circulación.

Además, fueron tomadas varias mediciones correspondientes al ancho de calzada, faja de servidumbre, distancias del pavimento a los obstáculos (postes de electricidad, casetas de bombas de agua, señales del tránsito), paseos, distancias desde el paseo a la línea de fachadas, altura del farallón de roca, medidas de una segunda vía paralela a la Carretera Central como desvío de entrada a los almacenes Emsuna, y al barranco situado frente a la Planta Granma. Estas mediciones se toman en varias zonas del tramo de estudio como son el Estado Mayor, la intersección de entrada al Hospital Militar, en los almacenes Emsuna y el barranco de la Planta Granma, y a la vez en varios puntos de estas zonas. Desde el enfoque visual fueron detectados varios aspectos como la no existencia de alcantarillas, poca uniformidad en las líneas de fachadas de las viviendas y varias intersecciones continuas de calles pequeñas. Por lo tanto, se aprecian afectaciones como

postes de electricidad dentro de los jardines de las viviendas, roturas en el pavimento, principalmente en los bordes e inundaciones en la época lluviosa.

Tabla 3.1. Determinación de las velocidades de operación en cada sentido

	Promedio velocidad (km/h)	Frecuencias											Total	f*v
		tipo 1	tipo 2	tipo 3	tipo 4	tipo 5	tip o6	tipo 7	tip o8	tipo 9	tipo 10	tipo 11		
	42.5	1	9										10	425
	43	1	11						1				13	559
	48	2	20	2	1		3				3	1	32	1536
	53	2	9			2	1						14	742
	58	4	13	1						1		1	20	1160
	63	2	4	1		1	1			3	2		14	882
	68												0	0
	73												0	0
Subtotal		12	66	4	1	3	5		1	4	5	2	103	5304
	42.5	2	5										7	297.5
	43	3	10	1				1		2			17	731
	48	3	16	2	2	2	2	2	2	3			34	1632
	53	6	10		2	1	1						20	1060
	58	1	2	2			1	1					7	406
	63		2			1						1	4	252
	68		1										1	68
	73		1			1							2	146
Subtotal		15	47	5	4	5	4	4	2	5	0	1	92	4592.5
Total													195	

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, luego de aplicada la ecuación 2.2, resultó en la dirección Limonar-Matanzas una velocidad aproximada de 52 km/h y en la dirección Matanzas-Limonar aproximadamente una velocidad de 50 km/h.

3.2. Determinación de la demanda de tráfico actual

Se tiene en cuenta la variación del Producto Interno Bruto (PIB) y los volúmenes provenientes de aforos vehiculares realizados en el año 2003 por el Centro Nacional de Vialidad para determinar la demanda actual de tráfico con el objetivo de conocer la

capacidad con que opera la vía y la necesidad de remodelarla. Primeramente, se calculan los valores hasta el año actual 2019, luego se toma como año base para el pronóstico de la demanda durante el período de diseño. (Tabla 3.2)

Tabla 3.2. Determinación de la demanda de tráfico actual

Años	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Tasa anual de crecimiento (por 1000 habitantes) según el PIB	3.8%	5.4%	11.8 %	12.5 %	7.3%	4.3%	1.4%	2.1%	2.7%	-3.1%	-2.7%	-1.3%	4.4%	0.5%	1.6%	1.2%	
Carretera Central (N-1) (Mtz.- Limonar)	4164	4389	4907	5521	5925	6180	6267	6399	6572	6369	6198	6118	6388	6420	6523	6602	6682

Fuente: elaboración propia.

Luego de obtener los valores de tráfico actualizado podemos clasificar la vía en su estado actual como una Arteria Principal, y se procede a aplicarle los coeficientes de expansión. (Tabla 3.3)

Tabla 3.3. Coeficientes de expansión.

Coeficientes de expansión				
De 12 a 24 horas				De mes a año
Día e/ semana	Sábado	Domingo	Promedio	
1,41	1,39	1,45	1.413	0.981

Fuente: Centro Provincial de Vialidad.

Los volúmenes de tráfico actualizados obtenidos se muestran a continuación en la Tabla 3.4

Tabla 3.4. Volúmenes de tráfico actualizados para mayo de 2019.

Volumen Actualizado para el ANÁLISIS (veh/día) mayo/2019						
Volumen BASE	Composición					Clasificación Funcional
	Total	Ligeros	Pesados			
			Total	Camiones	Ómnibus	
6682	9262	5835	3427	2964	463	Vía Expresa

Fuente: elaboración propia.

Luego se aplicó la conversión de vehículos ligeros a pesados donde se utiliza los factores de equivalencia mostrados en la tabla 3.3.

Tabla 3.5. Conversión de vehículos pesados a ligeros.

Conversión de vehículos pesados a ligeros			
Tipo de vehículo	Cantidad	Factor de equivalencia	Vehículos ligeros
Ligeros	5835	1	5835.232838
Camiones	2964	2.5	7409.819477
Ómnibus	463	2	926.2274346
			14171.28

Fuente: elaboración propia.

3.2.1 Determinación del tránsito futuro.

Mediante el empleo de la ecuación 2.3 y utilizar los factores de proyección del tráfico establecidos por (Martínez Gómez, 2000a) durante un período de diseño de 20 años, se determina el valor de la demanda del tráfico futuro que circulará por la vía. (Tabla 3.6)

Tabla 3.6. Determinación del tráfico futuro.

Años	Factor de proyección	Vehículos por año
2020	0,0%	14171
2021	0,0%	14171
2022	1,0%	14313
2023	1,0%	14457
2024	1,0%	14602
2025	2,0%	14895
2026	2,0%	15193
2027	2,0%	15497
2028	2,0%	15807
2029	2,0%	16124
2030	2,5%	16528
2031	2,5%	16942
2032	2,5%	17366
2033	2,5%	17801
2034	2,5%	18247
2035	2,5%	18704
2036	2,5%	19172
2037	2,5%	19652
2038	2,5%	20144
2039	2,5%	20648
2040	2,5%	21165

Fuente: elaboración propia.

3.3. Determinación de la capacidad vial, volumen y nivel de servicio.

De acuerdo al procedimiento explicado en el epígrafe 2.4 y a los resultados obtenidos en el estudio de campo, se debe proceder a conocer la capacidad real en que opera la vía actualmente, y para ello es necesario determinar primero el porcentaje de camiones y ómnibus que transitan por el vial y luego para calcular la capacidad vial y el volumen de servicio de las condiciones actuales para el nivel de servicio E se aplica la (Ecuación 2.4)

- Vehículos totales de muestra: 195
- Camiones muestreados: 26
- Ómnibus muestreados: 13

195-100%

195-100%

26-X

13-X

X=13,3% de camiones

X= 6,6% de ómnibus

$$C = 2000 * W_c * T_c * B_c$$

$$C = 2000 * 0,81 * 0,88 * 0,94$$

$$C = 1341 \text{ veh/h}$$

- $W_c = 0,81$ Correspondiente al nivel E para un ancho de carril igual a 3,00m y distancia desde el borde del pavimento a la obstrucción igual 1,80m (Tabla 2 Anexo 4)
- $E_t = 2$; $E_b = 2$ Correspondiente al nivel E (Tabla 3 Anexo 5)

$$T_c = \frac{100}{(100 - P_t + E_t * P_t)}$$

$$T_c = \frac{100}{100 - 13,3 + 2 * 13,3}$$

$$T_c = 0,88$$

$$B_c = \frac{100}{(100 - P_b + E_b * P_b)}$$

$$B_c = \frac{100}{100 - 6,6 + 2 * 6,6}$$

$$B_c = 0,94$$

$$VS = 2000 * \frac{V}{C} * Wc * Tc * Bc$$

$$VS_E = 2000 * \frac{400}{1341} * 0,81 * 0,88 * 0,94$$

$$VS_E = 400 \text{ veh/h}$$

$$VS = Q$$

$$PAVDT = \frac{Q}{K * D}$$

- D= 0,65 para autopistas rurales
- K= 0,12 para carreteras rurales secundarias

$$PAVDT = \frac{400}{0,12 * 0,65}$$

$$PAVDT = 5129 \text{ veh/h} < 9262 \text{ veh/h}$$

Los resultados obtenidos indican que la vía no opera actualmente en el nivel de servicio E, por tanto, es mayor el volumen vehicular que transita que su capacidad, entonces es necesario la remodelación de la vía para lo cual se propone como soluciones ampliar a 3,50 m el ancho de los carriles actuales, mantener dos carriles y luego comprobar si para el período de diseño propuesto la carretera tolera el flujo vehicular que circulará, como primera solución y como segunda solución se propone ampliar la vía a cuatro carriles y diseñar la nueva sección transversal.

- Wc= 0,96 Correspondiente al nivel E para un ancho de carril igual a 3,5m y distancia desde el borde del pavimento a la obstrucción igual 0,6m (Tabla 2 Anexo 4)
- Et= 2; Eb= 2 Correspondiente al nivel E (Tabla 3 Anexo 5)

$$C = 2000 * Wc * Tc * Bc$$

$$C=2000*0,96*0,88*0,94$$

$$C=1589 \text{ veh/h}$$

$$VS = 2000 * \frac{V}{C} * Wc * Tc * Bc$$

$$VS_E = 2000 * \frac{400}{1589} * 0,96 * 0,88 * 0,94$$

$$VS_E=400\text{veh/h}$$

$$VS=Q$$

$$PAVDT = \frac{Q}{K * D}$$

$$PAVDT = \frac{400}{0,12 * 0,65}$$

$$PAVDT= 5129 \text{ veh/h} < 21165\text{veh/h}$$

Con esta propuesta de solución es evidente que la vía colapsará, por tanto, es necesario la remodelación de la carreta ampliándola a cuatro carriles.

3.4. Determinación de la categorización funcional.

Según el resultado obtenido en el epígrafe anterior y a partir de la tabla 2.1 se puede determinar la categorización funcional de la carretera propuesta. (Tabla 3.7).

Tabla 3.7. Categorización funcional

Categoría Técnica	Intensidad de tránsito (PAVDT) Vehículos/día
1 Vías expresas rurales	Mayor que 8000
2 I	Mayor que 4000 a 8000
3 II	Mayor que 2000 a 4000
4 III	De 750 a 2000
5 IV	Menor que 750
NOTA: Para las Vías expresas Rurales (Ver NC 754)	

Fuente: elaboración propia.

Como resultado se obtuvo que la carretera propuesta es una vía rural expresa.

3.5. Determinación de los requisitos de diseño.

3.5.1. Determinación del tipo de terreno.

Apoyado en el software informático AutoCAD Cícl3D y el mapa topográfico de la ciudad de Matanzas se determinó que el terreno es ondulado.

3.5.2. Determinación de la velocidad de diseño.

Luego de conocer el tipo de terreno y utilizar la tabla 2.2 se procedió a la determinación de la velocidad de diseño y se obtiene un valor de 120 km/h. (Tabla 3.8)

Tabla 3.8. Determinación de la velocidad de diseño

Tipo de terreno	Velocidad de diseño (km/h)
Llano	140
Ondulado	120
Montañoso	100
NOTA: En casos excepcionales y con previa justificación técnico - económica la velocidad de diseño en terrenos montañosos se podrá reducir de 100 km/h a 80km/h.	

Fuente: elaboración propia.

3.5.3. Determinación de la sección transversal típica.

3.5.3.1. Determinación del ancho de carriles.

Con el empleo de la tabla 2.3 dependiente del tipo de terreno y el valor de la velocidad de diseño se obtuvo como número de carriles igual a 4, 2 en cada sentido de circulación, cada uno de 3,75 m. (Tabla 3.9).

Tabla 3.9. Determinación del ancho de carriles

Tipo de	Velocidad de diseño (km/h)	Anchura del carril (m)
Llano	140	3,75
Ondulado	120	3,75
Montañoso	100	3,50

NOTA 1: El número mínimo de carriles por cada sentido de circulación es dos.
NOTA 2: Cuando hay que estudiar la posibilidad del carril de marcha lenta para vehículos pesados, la anchura de este carril es 3,50 m.
NOTA 3: En vías expresas rurales con más de dos carriles por cada sentido de circulación no será necesario concebir el carril de marcha lenta; en casos excepcionales este carril se concebirá previa justificación técnico-económica.
NOTA 4: Para velocidades de diseño menores que 100 km/h la anchura del carril será 3,50 m.

Fuente: elaboración propia.

3.5.3.2. Determinación del bombeo del pavimento.

Como el bombeo del pavimento depende del tipo de pavimento, se propone emplear hormigón asfáltico (bituminoso) a lo largo del trazado, se obtiene un valor de bombeo de 2,5%. (Tabla 3.10)

Tabla 3.10. Determinación del bombeo del pavimento

Tipo de pavimento	Pendiente transversal (%)	
	Valor permisible	Valor recomendado
Hormigón hidráulico	1,5 a 2,5	1,5
Hormigón bituminoso	1,5 a 2,5	2,5

Fuente: elaboración propia.

3.5.3.3. Determinación del ancho de los paseos y bermas.

A través del tipo de terreno en que está emplazada la carretera se procedió a determinar el ancho de los paseos y de las bermas según los valores normados. (Tabla 3.11)

Tabla 3.11. Determinación de los paseos y bermas.

Tipo de relleno		Llano	Ondulado	Montañoso	
Faja de emplazamiento (m)		60	60	60	600
Velocidad de diseño (km/h)		140	120	100	800
Máximo volumen de servicio para 2 carriles en una dirección (vehículos ligeros por hora)		2000	2000	1600	1400
Ídem por carril adicional		1500	1500	800	700
Ancho de carril (m)		3,75	3,75	3,50	3,50
Ancho de paseo (m)	izquierda	*			
	derecha	3,00	3,00	3,00	3,00
Ancho del separador (m)		5,00	5,00	3,00	3,00
Ancho de bermas laterales al paseo (m)		0,50	0,50	0,50	0,50
Distancia segura de frenado (m)		345	295	210	140
Distancia de anticipación (m)		1000	800	600	400
Rampa máxima (%)		3	4	5	6
Pendiente máxima (%)		5	6	6	6
K mínima de curvas verticales	Cima	280	210	105	50
	Depresión	90	80	55	35
Radio mínimo (m)	Absoluto	1000	1000	665	425
	Normal	1400	665	425	240
Superelevación máxima (m)	Excepcional	7	7	7	7
	Normal	5	5	5	5

Fuente: elaboración propia.

*Los valores del ancho de paseo a la izquierda no se reflejan en la tabla ya que en ella se hace referencia a un solo sentido de circulación, y queda a la derecha el paseo. Por tanto, los valores de ancho de paseo de izquierda son iguales a los de la derecha.

3.5.3.4. Determinación del ancho del separador central o mediana.

Según los valores que ofrece la normativa utilizada y de acuerdo al tipo de terreno en que se encuentra emplazada la obra se determinará el ancho del separador central. (Tabla 3.12)

Tabla 3.12. Determinación del ancho del separador central.

Tipo de terreno	Ancho mínimo (m)
Llano	5,0
Ondulado	5,0
Montañoso	3,0

NOTA: Si se prevé una ampliación futura en lo referente a la cantidad de carriles, se recomienda aumentar la anchura del separador central o la mediana en la medida que sea necesaria, con vistas a la construcción de los nuevos carriles en su interior.

Fuente: elaboración propia.

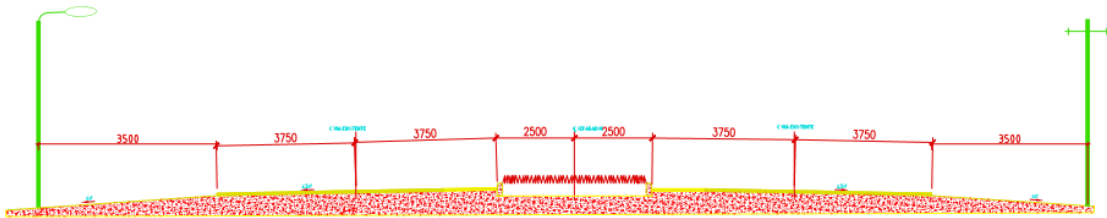


Figura 3.1. Esquema de la sección transversal de cálculo.

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de la capacidad vial y volumen de servicio para el año 2040 en el nivel de servicio E

- $E_t=5$ (Correspondiente a una pendiente de 2,5% y una longitud aproximadamente de 1,4 km para el nivel E véase anexo# 7).
- $E_b= 1,6$ (Correspondiente a una pendiente de 2,5%, para el nivel E, véase anexo #8).

$$T_c = \frac{100}{(100 - P_t + E_t * P_t)}$$

$$T_c = \frac{100}{100 - 13,3 + 5 * 13,3}$$

$$T_c = 0,65$$

$$B_c = \frac{100}{(100 - P_b + E_b * P_b)}$$

$$B_c = \frac{100}{100 - 6,6 + 1,6 * 6,6}$$

$$B_c = 0,96$$

$$C = 2000 * N * W_c * T_c * B_c$$

$$C = 2000 * 2 * 0,95 * 0,65 * 0,96$$

$$C = 2372 \text{ veh/h}$$

$$V_{SE} = MVS * W_1 * T_1 * B_1$$

- V_{SE} : Volumen de servicio que se brinda en total para ambos sentidos para el nivel ``E``.
- MVS: Máximo Volumen de Servicio, véase anexo# 9.

$$V_{SE} = 4000 * 0,95 * 0,65 * 0,96$$

$$V_{SE} = 2372 \text{ veh/h}$$

- $W = 0,95$ (Correspondiente a una carretera de cuatro carriles no divididas en un sentido, con distancia de obstáculos laterales = 0,6 m y un ancho de carril de 3,6m véase anexo# 10).

$$VS = Q$$

$$PAVDT = \frac{Q}{K * D}$$

$$PAVDT = \frac{2372}{0,12 * 0,65}$$

$$PAVDT = 30400 \text{ veh/h} > 21165 \text{ veh/h}$$

3.6. Propuesta final

Debido al ancho que posee la faja de emplazamiento objeto de estudio, la sección transversal anteriormente propuesta no es construible ya que se requiere de un ancho total de 27 metros y existen zonas del tramo en la que no se cuenta con la distancia requerida, y como el promedio anual de vehículos diario del tránsito para el año 2040 en el nivel de servicio E, es mayor que el que circulará para esta fecha, podemos variar el diseño de la sección transversal, proponer como velocidad de diseño 80km/h y para realizar un análisis más profundo será necesario dividir en tres sectores este tramo de vía y sus posibles soluciones las cuales serán:

1- Planta Granma- Emsuna



Figura 3.2 Sector #1 A:Planta Granma- B:Emsuna

Fuente: Elaboración propia

Este sector comienza con una curva vertical que inicialmente presenta un barranco a ambos lados, del lado norte es mayor la profundidad y cuenta con una estrecha carretera que brinda acceso a las viviendas de esta zona y se cuenta con una distancia de 8 a 9 metros a ambos lados de la carretera hasta las viviendas, por tanto, se propone como solución para no obstaculizar el acceso a las viviendas del barranco empotrar vigas en voladizo en el cuerpo actual del terreno con o sin apoyo sobre las cuales se apoyará una losa de tablero y posteriormente pavimentar; no se propone soluciones de movimientos de tierras de relleno (tablestacas o muros de contención) con el objetivo de que no ocurra lo explicado anteriormente. Para los vehículos que se dirigen de Limonar hacia Peñas Altas debido a la pendiente que existe en esta sección será necesario disminuir la velocidad a 50 km/h. En el punto de inflexión de la curva se presenta a los dos lados de la vía un farallón de rocas que llega alcanzar hasta los 4,30 metros de altura, el cual se necesita eliminar para ejecutar la nueva propuesta de diseño, pero debido a que la línea de fachada de las viviendas existentes se encuentra aproximadamente a los 8 metros de la carretera actual es por ello que será necesario utilizar equipos como el Pusher Arm para demoler las rocas y luego martillos rompedores manuales para lograr un mejor acabado.

No se recomienda el uso de explosivos porque como la distancia hasta las viviendas es muy poca podría ocasionar fisuras en sus muros y cimientos. En el punto B se comenzará a reducir la velocidad de 80 km/h a 60 km/h debido a la pendiente y la entrada a la ciudad.

2- Emsuna- Intersección (Carretera Central-Estado Mayor, Hospital Militar)



Figura 3.3 Sector #2 B: Emsuna-C: Intersección (Carretera Central-Estado Mayor, Hospital Militar)

Fuente: Elaboración propia

Las principales afectaciones que presenta este sector de vía son las variaciones en las líneas de fachadas, donde se puede apreciar que las distancias desde estas al borde del pavimento varían desde 7,60 metros hasta 11,50 metros, por lo que es necesario realizar el diseño con el menor ancho de carril posible. En el punto C se encuentra la intersección de la Carretera Central con la vía que se dirige hacia el reparto Pastorita y hacia el Hospital Militar, la cual necesita un rediseño ya que serán utilizadas nuevas áreas para la remodelación, constará de cuatro carriles que se mantiene su ancho actual de 3,10 metros y adicionar dos nuevos carriles de igual ancho y un pequeño carril de giro de incorporación hacia la Carretera Central. Debido al incremento de las poblaciones urbanas, va en aumento el número de viviendas y de habitantes en la zona, por tanto, la actual intersección en forma de "T" debe variar a una intersección en forma de cruz oblicua, es decir incorporar un ramal de acceso al reparto "2 de Diciembre" que

actualmente no cumple con la estética y requisitos normativos de diseño de vías e intersecciones. Debido a la fluctuación de aproximadamente 30 vehículos por hora que giran izquierda desde la Carretera Central hacia el destino Hospital Militar o reparto Pastorita se necesita colocar un separador de 140 metros que permita incorporar un nuevo carril donde los vehículos realicen una parada antes de efectuar el giro sin interrumpir el flujo del tránsito (Figura 3.4). Es necesario tener en cuenta posibles soluciones en la etapa de ingeniería básica en cuanto al drenaje para que no ocurra la erosión del terreno, como en la actualidad en algunas zonas, y también realizar variaciones en la direccionalidad de las calles que se intersectan con la Carretera Central, ya que los constantes movimientos de giros tanto a izquierda como a derecha podría interrumpir el flujo libre de la nueva propuesta del vial. Para la curva de la sección se propone un radio de curvatura (R) de aproximadamente de 264,46 metros, un grado de curvatura (Gc) de $4^{\circ} 20'$, longitud de espiral (Le) de 100 metros recomendable y la razón de superelevación (e) de 0,060 m/m. Estos valores fueron extraídos del anteproyecto de norma para vías urbanas. (Ver anexo # 11)

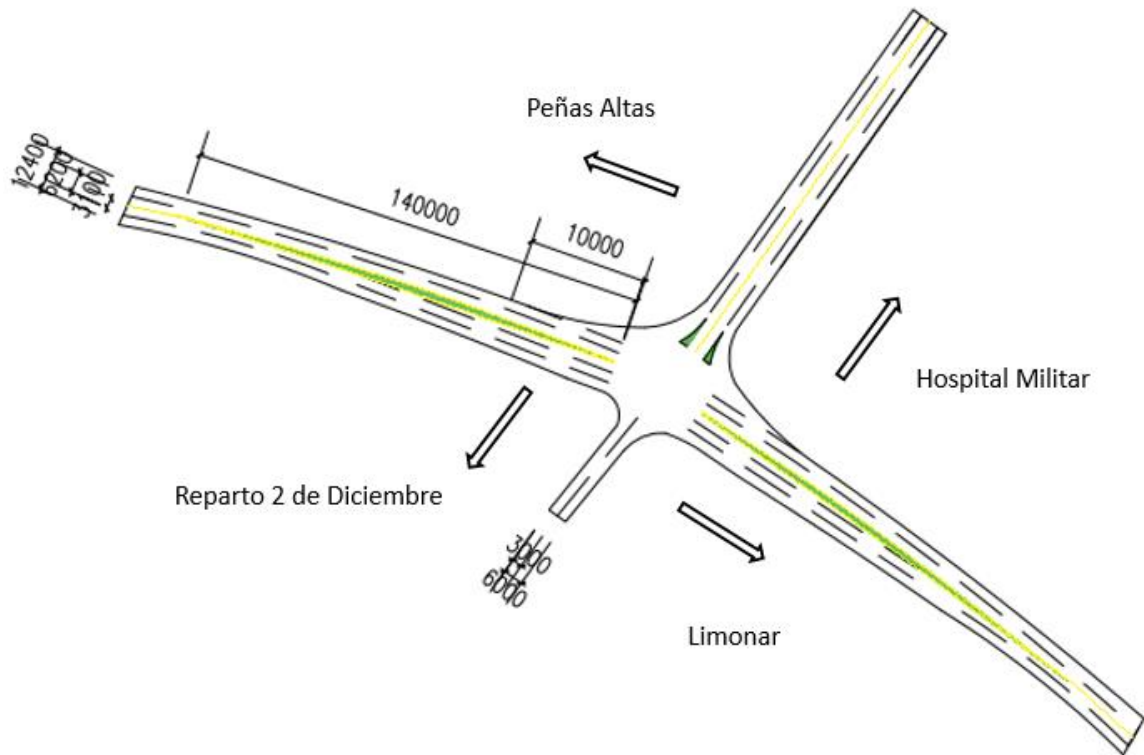


Figura 3.4 Esquema para nueva intersección (Carretera Central-Estado Mayor, Hospital Militar)

Fuente: Elaboración propia

3- Intersección- Puente sobre el río Buey Vaca (sin incluir el puente)



Figura 3.5 Sector #3 -C: Intersección (Carretera Central-Estado Mayor, Hospital Militar)- D: Puente sobre el río Buey Vaca (sin incluir el puente)

Fuente: Elaboración propia

En este sector no existen tantos conflictos para su remodelación, solo en el punto D donde es necesario diseñar la transición de la vía de cuatro carriles a dos carriles. Frente al Estado Mayor es necesario un estudio para utilizar voladuras para eliminar un pequeño farayón de rocas. Existe en este sector una curva vertical que no afecta el diseño porque se mantendrá su pendiente y demás características. A partir de las situaciones expuestas en los sectores anteriores la sección transversal propuesta constará de cuatro carriles de 3,10 metros de ancho cada uno sin separador central y su ampliación será añadir un carril a ambos lados de la vía a partir de su eje central.

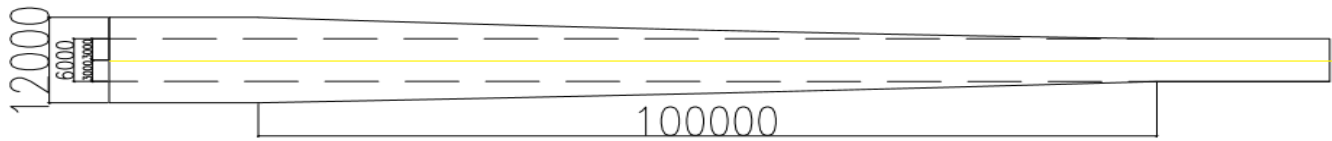


Figura 3.6 Esquema de transición de la vía de cuatro carriles a dos carriles.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo planteado al inicio de este epígrafe 3.6 el tránsito para el año 2040 en el nivel de servicio E, es mayor que el que circulará para esta fecha, y para ello se varía el diseño de la sección transversal y se propone el de la (Figura 3.7), por lo que es necesario determinar la capacidad, volumen y nivel de servicio en el que se encuentra.

Nivel de servicio D

- $T1 = 0,65$
- $B1 = 0,96$
- $W = 0,88$ (Correspondiente a una carretera de cuatro carriles no divididas en un sentido, con distancia de obstáculos laterales = 0,6 m y un ancho de carril de 3,10m interpolado entre los anchos de carriles de 3,30 y 3,00 m que aparecen en la norma, véase anexo# 10).

$$C = 2000 * N * W_c * T_c * B_c$$

$$C = 2000 * 2 * 0,88 * 0,65 * 0,96$$

$$C = 2197 \text{ veh/h}$$

$$V_{S_D} = MVS * W1 * T1 * B1$$

$$V_{S_D} = 3600 * 0,88 * 0,65 * 0,96$$

$$V_{S_D} = 1977$$

$$PAVDT = \frac{Q}{K * D}$$

$$PAVDT = \frac{1977}{0,12 * 0,65}$$

PAVDT= 25343 veh/h > 21165veh/h

Como se puede apreciar para el período de diseño de 20 años la sección transversal propuesta puede acoger el (PAVDT), por lo tanto se entiende construir el vial con una sección transversal como se muestra a continuación. (Figura 3.7). Esto supone la construcción de una nueva losa de hormigón para darle continuidad a la losa ya existente, para lograr la unión entre las losas de hormigón se propone al proyectista realizar una junta de llave a cortante para lograr la transmisión de las tensiones de una losa a la otra (Figura 3.9) y usar en esta junta resina de adherencia para reforzar esta unión.

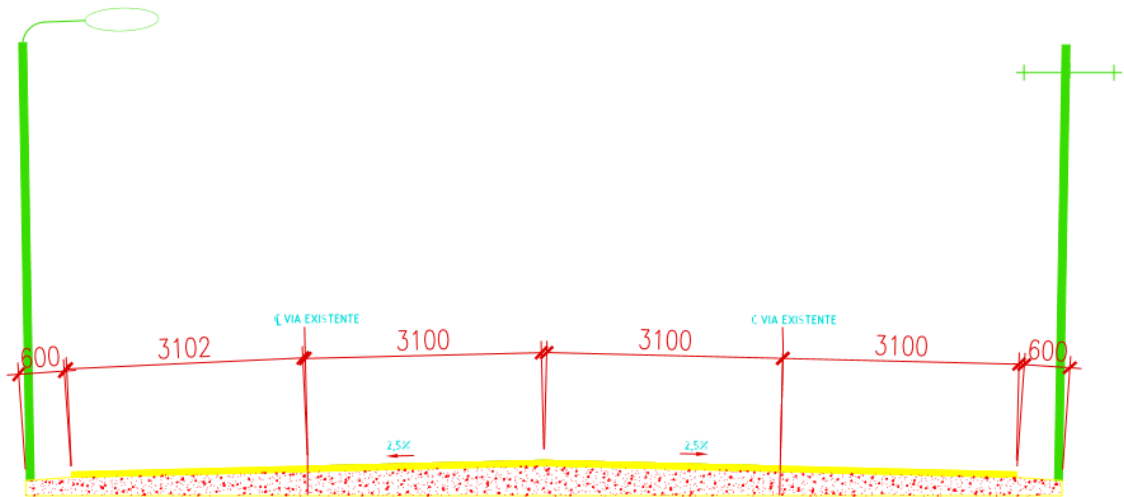


Figura 3.7 Esquema de sección transversal como propuesta final

Fuente: Elaboración propia

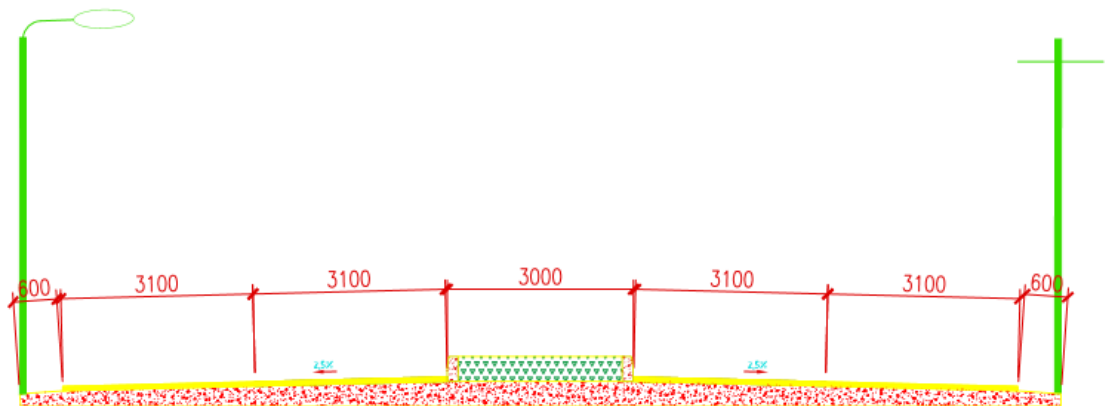


Figura 3.8 Esquema de sección transversal de la Carretera Central como propuesta con separador en la sección de la intersección

Fuente: Elaboración propia

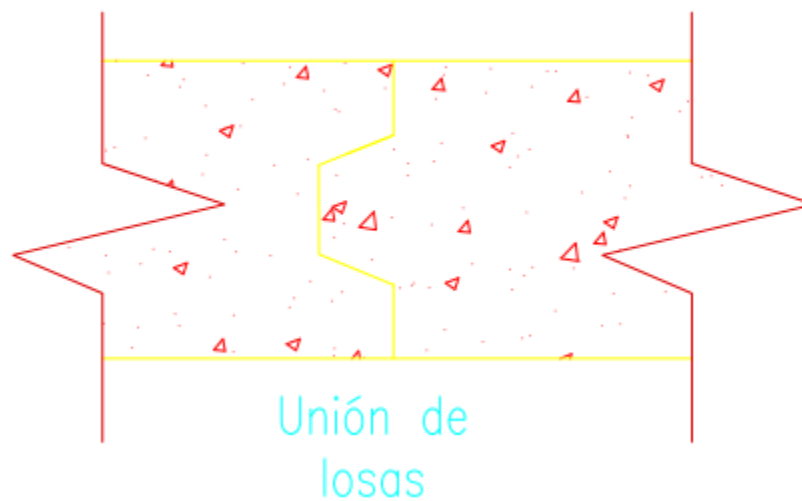


Figura 3.9 Esquema de unión entre la losa de hormigón de la Carretera Central con la losa de la solución propuesta

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. El estudio de las normativas modernas y los archivos técnicos permitió afirmar que la remodelación de carreteras aporta mejoras en las características geométricas de la vía y de los atributos de accesibilidad y movilidad del esquema vial de la ciudad.
2. El municipio de Matanzas como capital provincial es uno de los pocos a nivel nacional que no está conectada a la Carretera Central con cuatro carriles de circulación y a pesar de esto el (PGOTU) de la ciudad no tiene concebido una solución de entrada a la ciudad que dé respuesta a dicha situación por la carencia de estudios realizados con ese objetivo.
3. La realización del prediseño en la interfase de solución conceptual de remodelación la Carretera Central tramo Peñas Altas – Puente sobre el río Buey Vaca se adapta a las normativas internacionales y logra acoger el volumen vehicular que circulará para el período de diseño previsto.
4. Las soluciones dadas en cada sector de la vía implican el menor número de afectaciones posibles en la propuesta de remodelación.

RECOMENDACIONES

1. A la Dirección de Planificación Física incluir en el Plan General de Ordenamiento Urbano de la Ciudad de Matanzas la propuesta de remodelación de la Carretera Central ampliándola a cuatro carriles de circulación.
2. A la carrera de Ingeniería Civil continuar con la elaboración de investigaciones posteriores que den solución a la ampliación del puente sobre el río Buey Vaca y la continuidad de la carretera bajo el paso del ferrocarril.
3. Al Centro Provincial de Vialidad realizar el estudio de factibilidad económica a la solución propuesta como forma de validar los resultados obtenidos.
4. Realizar un estudio al pavimento rígido existente por parte de un organismo competente debido a la utilización de este pavimento en la solución propuesta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

2011. *Período de diseño de pavimentos* [Online]. Available: <http://www.ingenierocivilinfo.com> [Accessed].
- (AASHTO), A. A. O. S. H. A. T. O. 2001. Policy on Geometric Design of Highways and Streets.
- (DPPF), D. P. D. P. F. 2011. Plan general de ordenamiento urbano.
- ARENCIBIA FUNDORA, A. 2016. *Propuesta de solución vial a desnivel en la intersección de Peñas Altas*. 5to, Universidad de Matanzas.
- AVELLANEDA, P. L., ALEJANDRA 2011. APROXIMACION A LA MOVILIDAD COTIDIANA EN LA PERIFERIA POBRE DE DOS CIUDADES LATINOAMERICANAS. LOS CASOS DE LIMA Y SANTIAGO DE CHILE. .
- BALBAO, M. J., RICARDO. SIMIONI, DANIELA 2003. *La ciudad inclusiva*, Santiago de Chile.
- BENABENT FERNÁNDEZ DE CÓDOBA, M. 2017. El transporte público terrestre y la accesibilidad, instrumento para el análisis funcional del sistema de asentamientos: el caso de Ecuador.
- BOARD, T. R. 2010. Transportation Research Record.
- CAL Y MAYOR REYES SPÍNDOLA, R. C. G., JAMES 2010. *Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones*, Alfaomega.
- CAMPOS CRUZ, C. 2010. Planes de Conservación Vial Cantonal para fortalecer la acción municipal en Costa Rica
- CASTAÑO CONTRERAS, C. D. L. S., JUAN ESTEBAN. 2012. *Análisis de la viabilidad de Bogotá como sede principal del mundial de fútbol de mayores del 2026*. Universidad del Rosario.
- CENTROAMERICANA, S. D. I. E. 2004a. Manual Centroamericano de norma para el diseño geométrico de las carreteras regionales.
- CENTROAMERICANA, S. D. I. E. 2004b. MANUAL CENTROAMERICANO DE NORMAS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS CARRETERAS REGIONALES.
- CEPEP 1996. EVALUACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO REHABILITACIÓN Y AMPLIACIÓN A CUATRO CARRILES DE LA VIALIDAD CHALCOTLÁHUAC, ESTADO DE MÉXICO
- CONSEJO DE MINISTROS 2015. REGLAMENTO DEL PROCESO INVERSIONISTA.
- CUNALATA LASLUIA, D. J. 2015. *“LAS CONDICIONES DE LA VÍA DE INGRESO A LAS COMUNIDADES DE CUATRO ESQUINAS, SAN JUAN, SAN IGNACIO, UNIÓN Y TRABAJO Y SAN DIEGO DE LA PARROQUIA MULALILLO, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI (TRAMO II) Y SU INCIDENCIA EN EL DESARROLLO SOCIO-ECONÓMICO DE LOS HABITANTES.”*
- UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
- DE LAS RIVAS SANZ, J. L. S. Y. G., LUIS 2008. CIUDADES CON ATRIBUTOS: CONECTIVIDAD, ACCESIBILIDAD Y MOVILIDAD.
- GONZÁLES ARESTUCHE, L. R. P., RAMÓN 2011. *Puentes de Matanzas*, Ediciones Matanzas.

- GONZÁLEZ GARCÍA, C. 2017. *Procedimiento para la planificación y control de flujos vehiculares en la Zona Priorizada para la Conservación del Centro Histórico de la Ciudad de Matanzas.*
- JANS B, M. 2005. Movilidad urbana: en camino a sistemas de transporte colectivo integrados.
- JARA, M. C., JUAN ANTONIO 2018. Indicadores de Inclusión Social, Accesibilidad y Movilidad: Experiencias desde la Perspectiva del Sistema de Transporte
- JARAMILLO VILLEGAS, J. V. 2010. OBSERVATORIO DE MOVILIDAD VIAL
- LANDON C, P. 2013. MOVILIDAD COTIDIANA Y EXCLUSIÓN SOCIAL: ANVERSO Y REVERSO DE LA INSTALACIÓN DE LA AUTOPISTA ACCESO SUR EN LA PERIFERIA POBRE DE LA METRÓPOLIS DE SANTIAGO DE CHILE.
- LOYOLA GÓMEZ, C. 2006. Infraestructura vial y niveles de accesibilidad entre los centros poblados y los centros de actividad económica en la provincia de Ñuble, VIII Región.
- LOYOLA GÓMEZ, C. A. D. V., ELÍAS 2009. FLUJO, MOVILIDAD Y NIVELES DE ACCESIBILIDAD EN EL CENTRO DE CHILLAN AÑO 2007. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO MEDIANTE SIG *Revista urbano.*
- MARTÍNEZ GÓMEZ, A. 2000a. *Análisis Económico, Costo-Beneficio, para estudios y proyectos de carreteras.*
- MARTÍNEZ GÓMEZ, A. 2000b. Análisis económico, costo - beneficio, para estudios y proyectos de carreteras. *In: CENTRO NACIONAL DE VIALIDAD, M. (ed.).*
- MAYORAL GRAJEDA, E. F. M. D., ALBERTO. QUINTERO PEREDA, FRANCISCO LUIS 2002. ALGUNAS CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD PARA EL PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS.
- MIRAMONTES GARCÍA, E. R. E., ALBERTO. VIDANA BENCOMO, JOSÉ O 2015. Análisis y evaluación de intersecciones urbanas.
- MOREJÓN ACOSTA, D. 2016. *Estudios en ideas preliminares de las soluciones del nudo de Peñas Altas y sus ramas de acceso.* 5to, Universidad de Matanzas.
- NORMALIZACIÓN, O. N. D. 1984. Vías con flujo ininterrumpido. Métodos de cálculo de las capacidades, volúmenes y niveles de servicio.
- NORMALIZACIÓN, O. N. D. 1987. Vías urbanas Clasificación funcional.
- NORMALIZACIÓN, O. N. D. 2010a. Carreteras- Requisitos para el diseño geométrico de las vías expresas rurales.
- NORMALIZACIÓN, O. N. D. 2010b. Carreteras - Vías Rurales - Clasificación funcional.
- NORMALIZACIÓN, O. N. D. 2012. Carreteras rurales - Categorización técnica y características geométricas del trazado directo.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN 1984. NC 53 - 118 Vías con flujo ininterrumpido. Métodos de cálculo de las capacidades, volúmenes y niveles de servicio.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN 2010. NC 754: 2010 Carreteras. Requisitos para el diseño geométrico de las vías expresas rurales.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN 2012. NC 853: 2012 Carreteras rurales. Categorización técnica y características geométricas del trazado directo.

- PERESBARBOSA GARZA, L. 2013. *Diagnóstico de las prácticas de movilidad y accesibilidad en ciudad universitaria (uanl) para lograr una movilidad sustentable*. maestría.
- RAMÍREZ CONTRERAS, C. M. B. M., JOHNNY ORLANDO. SABANDO ELIZALDE, DAVID ISRAEL. ROMERO, MARÍA ELENA 2010. Proyecto para la Evaluación Socioeconómica de la Ampliación y Readecuación de la Carretera Progreso-Playas a Dos Vías y Cuatro Carrile.
- RAMÍREZ, L. 2006. La accesibilidad y movilidad espacial. Posible tratamiento mediante Sistemas de Información Geográfica. *Cuadernos de ideas*, 2.
- RAMÍREZ VELÁZQUEZ, B. R. 2009. Alcances y dimensiones de la movilidad: aclarando conceptos. *Ciudades*, 82.
- RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, J. C. 2016. *Propuesta de solución a nivel tipo rotonda de la intersección vial Peñas Altas 5to*, Universidad de Matanzas.
- ROLÓN, R. 2002. *DISEÑO GEOMÉTRICO DE VIAS URBANAS*. Universidad Tecnológica Nacional
- SANTOS PÉREZ, O. 2016. *SOLUCIÓN CONCEPTUAL DE INTERSECCIÓN A DESNIVEL SEMIDIRECCIONAL EN EL NUDO DE ENTRADA A VARADERO*. . Universidad de Matanzas.
- SCIPIÓN PIÑELLA, E. T. 1999. Manual de diseño de Carreteras.
- TÉCNICOS, D. G. D. 2016. *MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS*
- TERRITORIO, D. G. D. O. D. 2008. Manual de Diseño Geométrico de Vialidades.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD 2010. *Highway Capacity Manual*.
- UPCOMMONS. *Velocidad de recorrido libre: tiempo de recorrido* [Online]. Available: <https://upcommons.upc.edu> [Accessed].
- VELÁZQUEZ M, C. 2015. Espacio público y movilidad urbana Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM)
- ZARCA DÍAZ DE LA ESPINA, L. 2015. *Accesibilidad en el transporte público colectivo urbano: una mejor compensación de la experiencia de discapacidad* Universidad de Málaga.
- ZAVIEZO ARRIAGADA, D. P. 2015. *SUBURBANIZACIÓN EN EL SUBURBIO Homogeneización del paisaje urbano periférico de la ciudad de Puerto Varas en el período 2000-2014* Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales Pontificia Universidad Católica de Chile

ANEXOS

Anexo # 1

Velocidades	Tipo 1 Motocicleta o Triciclo	Tipo 2 Carro/Jeep	Tipo 3 Van de pasajeros	Tipo 4 Micro Bus	Tipo 5 Ómnibus Grandes	Tipo 6 Camiones/ SEM-ómnibus	Tipo 7 Camioneta/ Camión de 3 rueda	Tipo 8 Panel Van	Tipo 9 Camión ligero 2 ejes	Tipo 10 Camión pesado y tres ejes V.M.H.	Tipo 11 Conte- dor/tráiler
35-40 km/h	1	9									
21,74-24,85 mph							1				
41-45 km/h	1	11									
25,47-27,96 mph											
46- 50 km/h	2	20	2	1	3					3	1
28,58-31,07 mph											
51-55 km/h	2	9			1						
31,68-34,18 mph											
56-60 km/h	4	13	1						1		1
34,8-37,28 mph											
61-65 km/h	2	4	1		1				3	2	
37,9-40,4 mph											
66-70 km/h											
41,01- 43,5 mph											
71- 75 km/h											
44,1- 46,6 mph											

Fecha: 19/03/19 Hora: 8:00-8:30 Clima: Soleado Lugar: Estado Mayor: (Limonar-Matanzas) Investigador: Valenis Armenteros Iglesias Estado del pavimento: Aceptable

Fuente: Elaboración propia

Anexo # 2

Velocidades	Tipo 1 Motocicleta o Triciclo	Tipo 2 Carro/Jeep	Tipo 3 Van de pasajeros	Tipo 4 Micro Bus	Tipo 5 Ómnibus Grandes	Tipo 6 Camiones/ Semi-ómnibus	Tipo 7 Camioneta/ Camión de 3 rueda	Tipo 8 Panel Van	Tipo 9 Camión ligero 2 ejes	Tipo 10 Camión pesado y tres ejes y más	Tipo 11 Contenedor dog/trailer
35-40 km/h	2	5									
21,74-24,85 mph											
41-45 km/h	3	10	1			1			2		
25,47-27,96 mph											
46- 50 km/h	3	16	2	2	2	2	2	2	3		
28,58-31,07 mph											
51-55 km/h	6	10		2	1	1					
31,68-34,18 mph											
56-60 km/h	1	2	2			1	1				
34,8-37,28 mph											
61-65 km/h		2			1						1
37,9-40,4 mph											
66-70 km/h		1									
41,01-43,5 mph											
71- 75 km/h		1			1						
44,1- 46,6 mph											

Fecha: 19/03/19 Hora: 8:00-8:30 Clima: Soleado Lugar: Estado Mayor: (Matanzas-Limonbr) Investigador: Valenis Armenteros Iglesias Estado del pavimento: Aceptable

Fuente: Elaboración propia

Anexo # 3

Tabla 1. Factores de proyección del tráfico.

	Años	Factor de proyección
1	2019	0,0%
2	2020	0,0%
3	2021	1,0%
4	2022	1,0%
5	2023	1,0%
6	2024	2,0%
7	2025	2,0%
8	2026	2,0%
9	2027	2,0%
10	2028	2,0%
11	2029	2,5%
12	2030	2,5%
13	2031	2,5%
14	2032	2,5%
15	2033	2,5%
16	2034	2,5%
17	2035	2,5%
18	2036	2,5%
19	2037	2,5%
20	2038	2,5%
21	2039	2,5%

Fuente: (Martínez Gómez, 2000b)

Anexo # 4

Tabla 2. Efecto combinado de anchura del carril y distancia a obstáculo lateral, sobre la capacidad real y volúmenes de servicio en carreteras de dos carriles para flujo ininterrumpido.

Distancia desde el borde del pavimento a la obstrucción (m)	FACTOR DE AJUSTE W_c Y W_l PARA ANCHURA DE CARRIL Y DISTANCIA A OBSTACULO LATERAL															
	Obstrucción en un solo lado ¹								Obstrucción en los dos lados							
	Anchura del carril 3,60 m		Anchura del carril 3,30 m		Anchura del carril 3,00 m		Anchura del carril 2,70 m		Anchura del carril 3,60 m		Anchura del carril 3,30 m		Anchura del carril 3,00 m		Anchura del carril 2,70 m	
	Nivel B	Nivel E	Nivel B	Nivel E	Nivel B	Nivel E	Nivel B	Nivel E	Nivel B	Nivel E	Nivel B	Nivel E	Nivel B	Nivel E	Nivel B	Nivel E
1,80	1,00	1,00	0,86	0,88	0,77	0,81	0,70	0,76	1,00	1,00	0,86	0,88	0,77	0,81	0,70	0,76
1,20	0,96	0,97	0,83	0,85	0,74	0,79	0,68	0,74	0,92	0,94	0,79	0,83	0,71	0,76	0,65	0,71
0,60	0,91	0,93	0,78	0,81	0,70	0,75	0,64	0,70	0,81	0,85	0,70	0,75	0,63	0,69	0,57	0,65
0	0,85	0,88	0,73	0,77	0,66	0,71	0,60	0,66	0,70	0,76	0,60	0,67	0,54	0,62	0,49	0,58

1 - Incluye los efectos del tránsito de sentido opuesto.

Fuente:(Oficina Nacional de Normalización, 1984).

Anexo # 5

Tabla 3. Carros equivalentes de pasajeros para camiones en carreteras de múltiples carriles y subsecciones individuales con pendientes.

Pendiente %	Longitud de pendiente	CARROS EQUIVALENTES DE PASAJEROS E _c									
		Del Nivel de Servicio A al C					Niveles de Servicio D y E				
		Camiones					Camiones				
		3%	5%	10%	15%	≥20%	3%	5%	10%	15%	≥20%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0 a 1	Todos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	0,4 a	5	4	4	3	3	5	4	4	3	3
	0,8 a										
	1,2 a	7	5	5	4	4	7	5	5	4	4
	1,6 a										
	2,4 a	7	6	6	6	6	7	6	6	6	6
	3,2 a										
	4,8 a	7	7	8	8	8	7	7	8	8	8
6,4 a											
3	0,4	10	8	5	4	3	10	8	5	4	3
	0,8	10	8	5	4	4	10	8	5	4	4
	1,2	10	8	6	5	5	10	8	5	4	5
	1,6	10	8	6	5	6	10	8	6	5	6
	2,4	10	9	7	7	7	10	9	7	7	7
	3,2	10	9	8	8	8	10	9	8	8	8
	4,8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6,4	10	10	11	11	11	10	10	11	11	11	
4	0,4	12	9	5	4	3	13	9	5	4	3
	0,8	12	9	5	5	5	13	9	5	5	5
	1,2	12	9	7	7	7	13	9	7	7	7
	1,6	12	10	8	8	8	13	10	8	8	8
	2,4	12	11	10	10	10	13	11	10	10	10
	3,2	12	11	11	11	11	13	12	11	11	11
	4,8	12	12	13	13	13	13	13	14	14	14
6,4	12	13	15	15	15	13	14	16	16	15	
5	0,4	13	10	6	4	3	14	10	6	4	3
	0,8	13	11	7	7	7	14	11	7	7	7

Fuente:(Oficina Nacional de Normalización, 1984).

Tabla 3. Continuación.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	1,2	13	11	9	8	8	14	11	9	8	8
	1,6	13	12	10	10	10	14	13	10	10	10
	2,4	13	13	12	12	12	14	14	13	13	13
	3,2	13	14	14	14	14	14	15	15	15	15
	4,8	13	15	16	16	16	14	17	17	17	17
	6,4	13	17	19	19	19	16	19	22	21	19
6	0,4	14	10	6	4	3	15	10	6	4	3
	0,8	14	11	8	8	8	15	11	8	8	8
	1,2	14	12	10	10	10	15	12	10	10	10
	1,6	14	13	12	12	12	15	14	13	13	11
	2,4	14	14	14	14	14	15	16	14	13	14
	3,2	14	15	16	16	16	15	18	18	18	16
	4,8	14	16	18	18	18	15	20	20	20	19
	6,4	19	19	20	20	20	20	23	23	23	23

Fuente:(Oficina Nacional de Normalización, 1984).

Anexo # 6

Tabla 4. Niveles y volúmenes máximos de servicios en carreteras de dos carriles para flujo ininterrumpido.

Nivel de Servicio	Condiciones del Flujo de Tránsito		Distancia de visibilidad de paso 450 m %	Velocidad de diseño* 112 km/h	Relación V/C (Volumen de serv./capac. real)					Máximo volumen de servicio para condiciones ideales-Velocidad de diseño* de 112 km/h (Los dos sentidos)	
	Descripción	Velocidad de operación km/h			Valores de trabajo para una velocidad de diseño* restringida.						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
A	Flujo libre	W 96	100	0,20							400 vehículos por hora
			80	0,18	a	a	a	a	a		
			60	0,15							
			40	0,12							
			20	0,08							
			0	0,04							
B	Flujo estable (alta velocidad)	W 80	100	0,45	0,40						900 vehículos por hora
			80	0,42	0,35						
			60	0,38	0,30	a					
			40	0,34	0,24		a				
			20	0,30	0,18			a			
			0	0,24	0,12						
C	Flujo estable	W 64	100	0,70	0,66	0,56	0,51	0,42			1 400 vehículos por hora
			80	0,68	0,61	0,53	0,46	0,31			
			60	0,65	0,56	0,47	0,41	0,28			
			40	0,62	0,51	0,38	0,32	0,22			
			20	0,59	0,45	0,28	0,22	0,18			
			0	0,54	0,38	0,18	0,12				

Fuente:(Oficina Nacional de Normalización, 1984)

Tabla 4. Continuación.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
D	Se aproxima al flujo inestable	W 56	100	0,85	0,83	0,75	0,67	0,58			1 700 vehículos por hora
			80	0,84	0,81	0,72	0,62	0,55			
			60	0,83	0,79	0,69	0,57	0,51			
			40	0,82	0,76	0,66	0,52	0,45			
			20	0,81	0,71	0,61	0,44	0,35			
			0	0,80	0,66	0,31	0,30	0,19			
E	Flujo inestable	48 (a)	No aplicable		1,00						2 000 vehículos por hora
F	Flujo forzado	48 (a)	No aplicable		No tiene sentido o significado						Muy variable

a - La velocidad de operación requerida para estos niveles no se pueden alcanzar, aún para bajos volúmenes
 * - Velocidad promedio de diseño

Fuente:(Oficina Nacional de Normalización, 1984)

Anexo# 7

Tabla 5. Carros equivalentes de pasajeros para camiones en carreteras de múltiples carriles y subsecciones individuales con pendientes.

Pendiente %	Longitud de pendiente m	CARROS EQUIVALENTES DE PASAJEROS E ₂									
		Del Nivel de Servicio A al C					Niveles de Servicio D y E				
		Camiones					Camiones				
		3%	5%	10%	15%	≥20%	3%	5%	10%	15%	≥20%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0 a 1	Todos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	0,4 a 0,8	5	4	4	3	3	5	4	4	3	3
	1,2 a 1,6	7	5	5	4	4	7	5	5	4	4
	2,4 a 3,2	7	6	6	6	6	7	6	6	6	6
	4,8 a 6,4	7	7	8	8	8	7	7	8	8	8
	0,4	10	8	5	4	3	10	8	5	4	3
	0,8	10	8	5	4	4	10	8	5	4	4
3	1,2	10	8	6	5	5	10	8	5	4	5
	1,6	10	8	6	5	6	10	8	6	5	6
	2,4	10	9	7	7	7	10	9	7	7	7
	3,2	10	9	8	8	8	10	9	8	8	8
	4,8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	6,4	10	10	11	11	11	10	10	11	11	11
4	0,4	12	9	5	4	3	13	9	5	4	3
	0,8	12	9	5	5	5	13	9	5	5	5
	1,2	12	9	7	7	7	13	9	7	7	7
	1,6	12	10	8	8	8	13	10	8	8	8
	2,4	12	11	10	10	10	13	11	10	10	10
	3,2	12	11	11	11	11	13	12	11	11	11
5	4,8	12	12	13	13	13	13	13	14	14	14
	6,4	12	13	13	15	14	13	14	16	16	15
6	0,4	13	10	6	4	3	14	10	6	4	3
	0,8	13	11	7	7	7	14	11	7	7	7

Fuente:(Oficina Nacional de Normalización, 1984).

Tabla 5. Continuación.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	1,2	13	11	9	8	8	14	11	9	8	8
	1,6	13	12	10	10	10	14	13	10	10	10
	2,4	13	13	12	12	12	14	14	13	13	13
	3,2	13	14	14	14	14	14	15	15	15	15
	4,8	13	15	16	16	16	14	17	17	17	17
	6,4	13	17	19	19	17	16	19	22	21	19
6	0,4	14	10	6	4	3	15	10	6	4	3
	0,8	14	11	8	8	8	15	11	8	8	8
	1,2	14	12	10	10	10	15	12	10	10	10
	1,6	14	13	12	12	12	15	14	13	13	11
	2,4	14	14	14	14	14	15	16	14	13	14
	3,2	14	15	16	16	16	15	18	18	18	16
	4,8	14	16	18	18	18	15	20	20	20	19
	6,4	19	19	20	20	20	20	23	23	23	23

Fuente:(Oficina Nacional de Normalización, 1984).

Anexo# 8

Tabla 6. Carros equivalentes de pasajeros para ómnibus interprovinciales en carreteras de múltiples carriles y subsecciones individuales en pendientes.

CARROS INDIVIDUALES DE PASAJEROS E _D		
PENDIENTE ¹ %	Niveles de Servicios desde el A hasta el C	Nivel de Servicio D y E
0 a 4	1,6	1,6
5 ²	4	2
6 ²	7	4
7 ²	12	10

1 - Para todas las longitudes

2 - Uso generalmente restringido para pendientes de 800 m de longitud o mayor

Fuente:(Oficina Nacional de Normalización, 1984).

Anexo# 9

Tabla 7. Niveles y volúmenes máximos de servicios en carreteras de múltiples carriles para flujo ininterrumpido.

NIVEL DE SERVICIO	Condiciones del flujo del tránsito		Relación V/C (Volumen de servicio/capacidad real)			Máximo volumen de servicio para condiciones ideales, velocidad de diseño* de 112 km/h (Veh. por hora)		
	Descripción	Velocidad de operación km/h	Veloc. de diseño* lim. 112 km/h	Valores de trabajo para una velocidad de diseño* restringida		Carret. de cuatro carriles (2 carriles un sentido)	Carret. de ocho carriles (3 carriles un sentido)	Por cada carril adicional
				96 km/h	80 km/h			
A	Flujo libre	≥ 96	$\leq 0,30$	a	a	1 200	1 000	600
B	Flujo estable (alta velocidad)	≥ 80	$\leq 0,50$	$\leq 0,20$	a	2 000	3 000	1 000
C	Flujo estable	≥ 64	$\leq 0,75$	$\leq 0,50$	$\leq 0,25$	3 000	4 500	1 500
D	Se aproxima al flujo inestable	≥ 56	$\leq 0,90$	$\leq 0,85$	$\leq 0,70$	3 600	5 400	1 800
E	Flujo inestable	Aproxim. 48		$\leq 1,00$		4 800	6 000	2 000
F	Flujo forzado	Aproxim. <48	No tiene sentido o significado				Muy variable	

a - La velocidad de operación requerida para estos niveles no se pueden alcanzar, aún para bajos volúmenes

* - Velocidad promedio de diseño.

Fuente:(Oficina Nacional de Normalización, 1984).

Anexo# 10

Tabla 8. Efecto combinado de anchura del carril y distancia a obstáculo lateral, sobre la capacidad real y volúmenes de servicio en carreteras de múltiples carriles para flujo ininterrumpido.

Distancia desde el borde del pavimento a la obstrucción (m)	Factor de ajuste para anchura de carril y distancia A OBSTACULO LATERAL							
	Anchura Carril 3,6 m	Anchura Carril 3,3 m	Anchura Carril 3,0 m	Anchura Carril 2,7 m	Anchura Carril 3,6 m	Anchura Carril 3,3 m	Anchura Carril 3,0 m	Anchura Carril 2,7 m
a) Carretera de cuatro carriles no divididas en un sentido								
1,8	1,00	0,95	0,89	0,77	NA	NA	NA	NA
1,20	0,98	0,94	0,68	0,76	NA	NA	NA	NA
0,6	0,95	0,92	0,86	0,75	0,94	0,91	0,86	NA
0	0,88	0,85	0,80	0,70	0,81	0,79	0,74	0,66
b) Carretera de seis carriles no divididas en un sentido								
1,8	1,00	0,95	0,89	0,77	NA	NA	NA	NA
1,2	0,99	0,94	0,88	0,76	NA	NA	NA	NA
0,6	0,97	0,93	0,86	0,75	0,96	0,92	0,85	NA
0	0,94	0,90	0,83	0,72	0,91	0,87	0,81	0,70
N.A. No aplicable, usar el factor de ajuste para el lado derecho								
1 Toma en cuenta los efectos del tránsito opuesto								
2 Aprobada para usar solamente en carretera de cuatro carriles, no divididas, que temporalmente son divididas en dos vías, por obstrucciones tales como puentes, barreras, separadores, elementos estructurales, y otros.								

Fuente:(Oficina Nacional de Normalización, 1984).

Anexo# 11

Tabla 9. VELOCIDAD DE DISEÑO IGUAL A 80 Km. /h.

Gc	Rc	Le		e m/m	Gc	Rc	Le		e m/m
		mínima	recomendable				mínima	recomendable	
		m					m		
0-10	675.51	-	-	CN	3-00	381.97	50	60	0.054
0-20	337.76	-	-	CN	3-10	361.87	50	70	0.055
0-21	374.06	-	-	0.012	3-15	352.59	50	70	0.056
0-30	291.84	50	50	SC	3-20	343.78	50	70	0.056
0-40	118.79	50	50	0.020	3-30	327.41	60	80	0.057
0-50	175.16	50	50	0.024	3-40	312.52	60	80	0.058
0-56	127.77	50	50	0.026	3-45	305.58	60	80	0.058
1-00	145.92	50	50	0.028	3-50	298.94	60	80	0.059
1-10	982.19	50	50	0.031	4-00	286.48	70	90	0.059
1-20	859.46	50	50	0.035	4-10	275.02	70	90	0.060
1-30	763.95	50	50	0.038	4-15	269.63	70	100	0.060
1-40	687.54	50	50	0.040	4-20	264.46	80	100	0.060
1-50	625.06	50	50	0.042	4-30	254.65	80	100	0.060
2-00	572.96	50	50	0.044	4-40	245.49	80	120	0.060
2-10	528.88	50	50	0.046	4-45	241.25	90	120	0.060
2-20	491.11	50	50	0.048	4-50	237.09	90	120	0.060
2-30	458.36	50	50	0.050	5-00	229.18	90	120	0.060
2-40	429.71	50	50	0.052	G máx. = 4°30' R mín. = 254.65 m				
2-50	404.45	50	50	0.053					

Fuente: Anteproyecto de diseño geométrico de vías urbanas

Anexo #12

Figura 1. Lugar donde se realizó el estudio de campo: toma de velocidad de operación



Fuente: Elaboración propia